

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
LILIANE OLIVEIRA KOTLESKI

**ESGOTAMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO NO BRASIL: TENDÊNCIAS
PARA A REESTRUTURAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA**



CURITIBA
2015

LILIANE OLIVEIRA KOTLESKI

**ESGOTAMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO NO BRASIL: TENDÊNCIAS
PARA A REESTRUTURAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA**

Monografia apresentada como requisito parcial ao
Curso de Economia, a obtenção do título de
Bacharel em Economia, ministrado pela
Universidade Federal do Paraná - UFPR.

Orientador: Prof. Pulquério Figueiredo Bittencourt

CURITIBA
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

LILIANE OLIVEIRA KOTLESKI

ESGOTAMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO NO BRASIL: TENDÊNCIAS PARA A REESTRUTURAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA

Monografia apresentada ao Curso de Economia, da Universidade Federal do Paraná - UFPR, como requisito parcial a obtenção do título de Economista, aprovada pela Banca composta pelos seguintes membros:

Pulquério Figueiredo Bittencourt
Professor Orientador

João Basílio P. Neto
Professor convidado

Fernando Motta Correia
Professor convidado

Curitiba, 16 de junho de 2015.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de aprendizado ao desenvolver este trabalho.

A Universidade, seu Corpo Docente, à Direção e ao setor da Administração da Universidade que oportunizaram janelas que permitiram que eu vislumbrasse horizontes a partir dos umbrais que pisei no início, sempre eivados com ética e busca pela compreensão dos propósitos, permitindo adquirir confiança e autonomia, que nada é que a liberdade do ser e do fazer.

Ao meu Orientador, professor e mestre Pulquério Figueiredo Bittencourt, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube nas correções e incentivo permanente.

Aos meus pais pelo amor e apoio incondicional.

Aos que de alguma forma fizeram parte de minha formação, muito obrigado!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL	13
2.1 DESENVOLVIMENTO E GERAÇÃO DA ENERGIA NO BRASIL	13
2.2 O CENÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA POR MEIO DOS LEILÕES	20
2.3 POTENCIAL HIDRELÉTRICO NACIONAL	22
2.4 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL	27
2.5 LEGISLAÇÃO	28
2.6 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	29
2.6.1 Projeção para 2030	31
2.7 ESGOTAMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO DA IMPLANTAÇÃO DAS ÚLTIMAS HIDRELÉTRICAS	39
2.8 REESTRUTURAÇÃO DA MATRIZ	40
3 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA	43
3.1 HIDRO	46
3.2 EÓLICA	47
3.3 BIOMASSA	49
3.4 NUCLEAR	50
3.5 CARVÃO MINERAL	51
3.6 GÁS	52
3.7 PETRÓLEO	53
3.8 FOTOVOLTÁICA (SOLAR)	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: EVOLUÇÃO DA OFERTA INTERNA DA ENERGIA ELÉTRICA (OIEE)	13
TABELA 2: CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE POR CLASSE (1995-2013).....	16
TABELA 3: SISTEMA DE INFORMAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO.....	26
TABELA 4: MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA (2014) – EMPREENDIMENTOS EM OPERAÇÃO.....	30
TABELA 5: PROJEÇÕES MUNDIAIS PARA OFERTA E DEMANDA DE ENERGIA	32
TABELA 6: PROJEÇÃO NA OFERTA E DEMANDA DA ELETRICIDADE (TWH)....	34
TABELA 7: PROJEÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA (MILHARES EM TEP).....	36
TABELA 8: ELETRICIDADE (INDICADORES SELECIONADOS (TWh)	37
TABELA 9: RESERVAS PROVADAS E POTENCIAL HIDRÁULICO.....	38
TABELA 10: MANUTENÇÃO DA ELEVADA PARTICIPAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	42

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: FLUXO ENERGÉTICO.....	20
FIGURA 2: PRINCIPAIS POTENCIAIS HIDRELÉTRICOS TECNICAMENTE APROVEITÁVEIS NO MUNDO	23
FIGURA 3: SISTEMA DE INFORMAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO	27
FIGURA 4: TURBINAS EÓLICAS INSTALADAS EM ALTO MAR	48

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: EVOLUÇÃO NA OFERTA INTERNA DA ENERGIA ELÉTRICA (OIEE)	14
GRÁFICO 2: MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA (1970).	14
GRÁFICO 3: MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA (2000).	15
GRÁFICO 4: POPULAÇÃO BRASILEIRA.....	18
GRÁFICO 5: POTENCIAL HIDRELÉTRICO	24
GRÁFICO 6: POTENCIAL GERAL BRASIL E REGIÃO NORTE	25
GRÁFICO 7: CRESCIMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E REDUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DA HIDROELETRICIDADE (2005-2030).....	33
GRÁFICO 8: PROJEÇÃO DA OFERTA E DEMANDA DE ELETRICIDADE (TWh) ..	34
GRÁFICO 9: FONTES ALTERNATIVAS DA MATRIZ ENERGÉTICA (BRASIL 1970- 2010-2030)	35
GRÁFICO 10: POTENCIAL HIDRÁULICO POR REGIÃO	38
GRÁFICO 11: CUSTOS POR MATRIZ	42
GRÁFICO 12: MANUTENÇÃO DA ELEVADA PARTICIPAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	43

LISTA DE SIGLAS

ACR: Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP: Agência Nacional do Petróleo
ABRAPCH: Associação Brasileira de Fomento às Pequenas Centrais Hidroelétricas
BEN: Balanço Energético Nacional
CBEE: Centro Brasileiro de Energia Eólica/UFPE
CNPE: Conselho Nacional de Política Energética
COELBA: Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
CES/FGV: Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV
DEA: Data Envelopment Analysis
DTE: Demanda Total de Energia
ELETROBRÁS: Centrais Elétricas do Brasil S/A
EPE: Empresa de Pesquisa Energética
ENERGIP: Empresa Energética de Sergipe S/A
GE: General Electric Company
GEE: Gases de Efeito Estufa
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LEE: Leilões de Energia Elétrica
MME: Ministério de Minas e Energia
ME: Matriz Energética
OIEE: Oferta Interna de Energia Elétrica
PCH: Pequenas Centrais Hidrelétricas
PROINFA: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PNSH: Plano Nacional de Segurança Hídrica
PSC RTPQ: Primeiro e Segundo Ciclos das Revisões Tarifárias Periódicas e de qualidade
SIN: Sistema de Informação
SINPHB: Sistema de Informação do Potencial Hidroelétrico Brasileiro
TEP: Toneladas Equivalentes de Petróleo
UHE: Usina Hidrelétrica

RESUMO

As diversas fontes de energia são recursos essenciais à existência humana e exigem a busca de alternativas para suprir as demandas de consumo. A matriz energética passa por um período de transição decorrente do recrudescimento da estiagem que se tornou responsável pela redução do nível dos reservatórios hídricos, dificultando o reabastecimento das hidroelétricas no Brasil, levando às empresas geradoras de energia a recorrerem a mercados de curto prazo para conseguir cumprir contratos. No objetivo geral este trabalho procurou mensurar o esgotamento do potencial hidroelétrico no Brasil e a tendência de reestruturar a matriz energética no país. Como objetivos específicos buscaram-se comprovar a hipótese de esgotamento do potencial hidrelétrico e as tendências para 2030, com a estimativa do surgimento de possíveis fontes alternativas, impactos econômicos e ambientais; discutiram-se os mecanismos e ações de exploração adotadas pelo governo para garantir a segurança energética no país. O estudo levou a concluir que pode exigir um replanejamento no manejo à diversificação das fontes de energia para afastar uma possível crise na geração e abastecimento da energia no Brasil.

Palavras-chave: Energia. Potencial hidrelétrico. Matriz energética. Demandas. Fontes alternativas.

ABSTRACT

The various energy sources are essential resources to human existence and require the search for alternatives to meet the demands of consumption. The energy matrix undergoes a transition period due to the worsening of the drought that has become responsible for reducing the level of reservoirs, hindering the replenishment of hydropower in Brazil, leading to the generation of energy companies to resort to short-term markets to be able to meet contracts. As a general objective this study sought to measure the depletion of the hydroelectric potential in Brazil and tendency to restructure the energy matrix in the country. The specific objectives sought to prove the potential depletion hypothesis hydroelectric and trends for 2030, with estimated incidence of possible alternative sources, economic and environmental impacts; were discussed mechanisms and government operating actions to ensure energy security for the country. The study led to the conclusion that may require a redesign in the diversification of energy sources, essential to avert possible crisis in power generation and supply in Brazil.

Keywords: Energy. Hydroelectric potential. Energy matrix. Demands. Alternative sources.

1 INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica é fundamental para atender as demandas energéticas de um país que passe por forte desenvolvimento e aumento da qualidade de vida de sua população. O suprimento de energia elétrica é uma condição básica para promover o desenvolvimento econômico e o progresso das nações. E, quanto mais se desenvolvem, mais se torna necessário aumentar a produção de energia elétrica. No entanto, é necessário preservar o meio ambiente utilizando os recursos naturais de forma sustentável, em vista de serem limitados em termos de capacidade de geração de energia, ou seja, de alguma forma todos possuem potencial limitado de exploração. Qualquer escassez natural poderá gerar aumento nos custos ou problemas na produção de energia que afetará todas as atividades desenvolvidas no país. Assim, qualquer nação planeja-se com o objetivo de atingir a autossuficiência e baixos custos na geração, transmissão e distribuição de energia (SILVEIRA, 2000).

No Brasil, a curva de evolução da matriz energética apresenta crescente demanda no insumo, sendo a fonte hidrológica a principal devido extensas bacias hidrográficas, representando 15% da reserva de água doce no mundo e um potencial estimado em 260 GW.

Órgãos e agências governamentais brasileiras como: Ministério de Minas e Energia, Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) controlarem grande parte do setor energético brasileiro, proporcionando condições favoráveis para que o mercado de energia se desenvolva de forma equilibrada entre os agentes, em benefício da sociedade. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a projeção da demanda até 2030 está acima do potencial energético brasileiro, conforme o relatório do Plano Nacional de Energia (PNE/2030).

A EPE aborda a construção das últimas grandes hidrelétricas, como responsáveis pela expansão do setor elétrico, com um desafio para os planejadores, que terão que buscar fontes confiáveis para reestruturar a matriz elétrica brasileira, com um agravante, a situação de recrudescimento da estiagem dos últimos (2012-2014), com rápido esvaziamento das represas hidrelétricas, forçando às empresas

geradoras de energia a recorrerem às termelétricas, porém, são bem mais caras e altamente poluentes.

Tendo em vista o esgotamento do potencial hidrelétrico, como também a escassez das chuvas, a presente monografia visa levantar a discussão sobre a necessidade de se expandir a geração de energias alternativas no Brasil, para assegurar a segurança no abastecimento de energia no país, reestruturando a matriz energética brasileira. Inicialmente apresentaremos a evolução da demanda e oferta de energia a partir do ano de 1970. Posteriormente, será feita uma análise sobre o cenário atual comparativamente com projeções para 2030. Neste estudo serão mostradas as fontes alternativas para explorar a energia sustentável e atender demandas futuras gerando benefícios ao país, do ponto de vista ambiental, social e econômico.

Hipoteticamente, frente ao esgotamento do potencial hidrelétrico pode haver uma reestruturação na matriz energética aumentando a participação de outras fontes sustentáveis. Como problema de pesquisa procura-se identificar se em decorrência do esgotamento do potencial hidrelétrico ter-se-á uma matriz mais suja (emitem gás carbônico CO₂, ou mais limpa (energia renovável), em 2030?

No objetivo geral procura-se mensurar o esgotamento do potencial hidrelétrico no Brasil, com vistas às tendências de reestruturação da matriz energética.

Como objetivos específicos procura-se comprovar a hipótese de esgotamento do potencial hidrelétrico em aproximadamente quinze anos, conforme divulgado pelo EPE, expondo a tendência da matriz energética brasileira para 2030, por meio de gráficos comparativos, entre 2005-2030, por meio de estimativa da EPE, para indicar possíveis fontes alternativas de energia, seus impactos econômicos e ambientais.

O estudo baseou-se em revisão da literatura, com vistas à análise de estudos de porte científico e análise realizada por meio de empresas contratadas, comparando as estatísticas do Brasil com o mundo.

2 EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL

2.1 DESENVOLVIMENTO E GERAÇÃO DA ENERGIA NO BRASIL

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE/2010), no Brasil o consumo da energia elétrica é um indicador de desenvolvimento econômico exponencial, proporcionando aumento na qualidade de vida da sociedade e reflete diretamente na capacidade da aquisição de bens e serviços tecnologicamente avançados e exige a demanda de energia para funcionarem.

A partir da década de 70 foi observada grande evolução na oferta energética, resultados estes obtidos por meio de criteriosa análise ao Balanço Energético Nacional (BEN), responsável por elaborar a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), denominada Matriz Energética (ME) ou Demanda Total de Energia (DTE).

Comparativamente, entre 1970-2013 a oferta da energia se inseriu no Produto Interno Bruto (PIB), cujo número de habitantes mostra demanda de energia elétrica inferior a 50 TWh (*Terawatt-hora*), quando a população atingia os 95,7 milhões de habitantes. Em 2000 a demanda aumentou mais de 8 vezes, alcançando o patamar de 393,2 TWh, momento em que a população atingia os 170 milhões de habitantes.

TABELA 1: EVOLUÇÃO DA OFERTA INTERNA DA ENERGIA ELÉTRICA (OIEE)

PARÂMETRO	UNIDADE	1970	1980	1990	2000	2010	2013
OIEE ¹	TW/h	45,7	139,2	249,4	393,2	550,4	609,9
População	10 ² hab	95,7	122,2	148,1	170,6	191,6	201,9
PIB 2013 ²	10 ⁹ US\$	433,0	990,6	1.158,1	1.480,9	2.112,1	2.242,3
INDICADORES	UNIDADE	1970	1980	1990	2000	2010	2013
PIB per capita	US\$	4.525	8.196	7.820	8.681	11.024	11.108
OIEE/per capita	KWh/hab	478	1.139	1.684	2.305	2.873	3.021
OIEE/PIB 2013	KWh/10 ³ US\$	106	141	215	266	261	272

(1) Oferta interna da energia elétrica.

(2) PIB divulgado pelo IBGE convertido para US\$, pela taxa média de câmbio de 2013 (Banco Central US\$ 1,00 – R\$ 2.1576).

FONTE: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2014).

Segundo o GRÁFICO 1 apresenta a evolução histórica da energia interna no país e pode-se observar que atinge um crescimento sem precedentes, em vista de que a população também aumentou exponencialmente no período e, mediante a existência de equipamentos construídos com base na tecnologia moderna exigiram um repensar sobre a matriz energética no país.

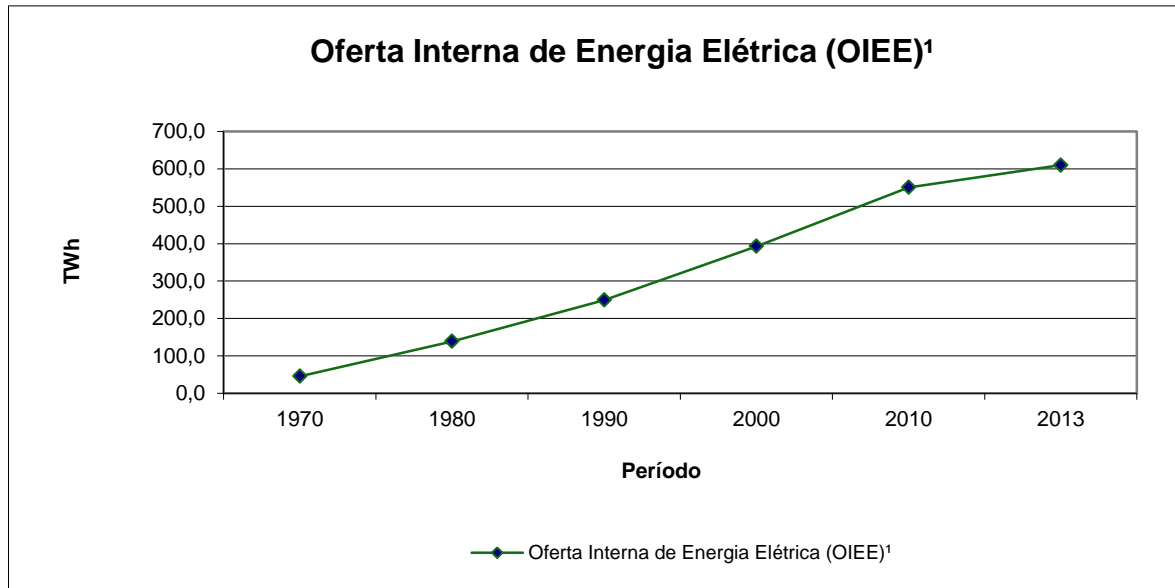


GRÁFICO 1: EVOLUÇÃO NA OFERTA INTERNA DA ENERGIA ELÉTRICA (OIEE)
 FONTE: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2014).

Segundo o GRÁFICO 2, em 1970, os derivados da cana-de-açúcar representavam 5%, o petróleo e seus derivados 34%, o carvão mineral e seus derivados 3%, a hidráulica e a eletricidade 14%, a lenha e o carvão vegetal 44%, outras fontes primárias renováveis 0%, totalizando 100%.

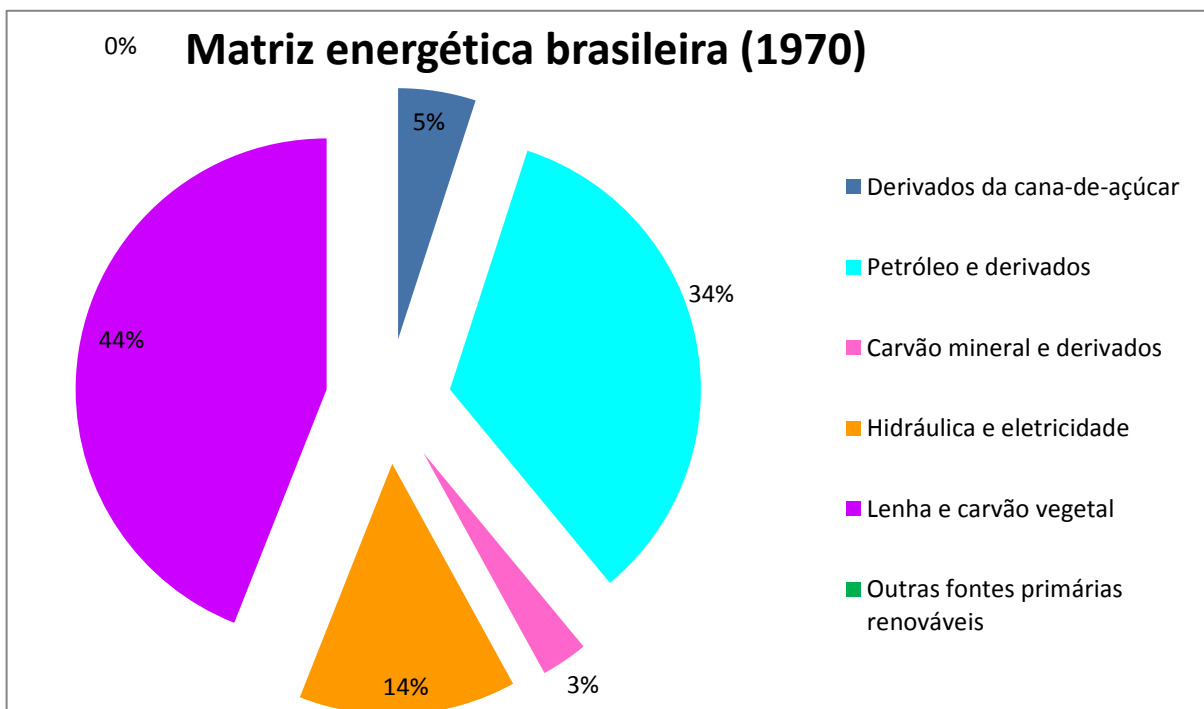


GRÁFICO 2: MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA (1970).
 FONTE: Aneel

O GRÁFICO 3 aponta que no ano 2000 os derivados da cana-de-açúcar representavam 11%, o petróleo em conjunto com seus derivados 46%, o carvão mineral com seus derivados 7%, a energia hidráulica em conjunto com a eletricidade 16%, a lenha em conjunto com o carvão vegetal 12%, outras fontes primárias renováveis 2%, o urânio em conjunto com seus derivados 1% e, finalmente, o gás natural 5%, representando 100%.

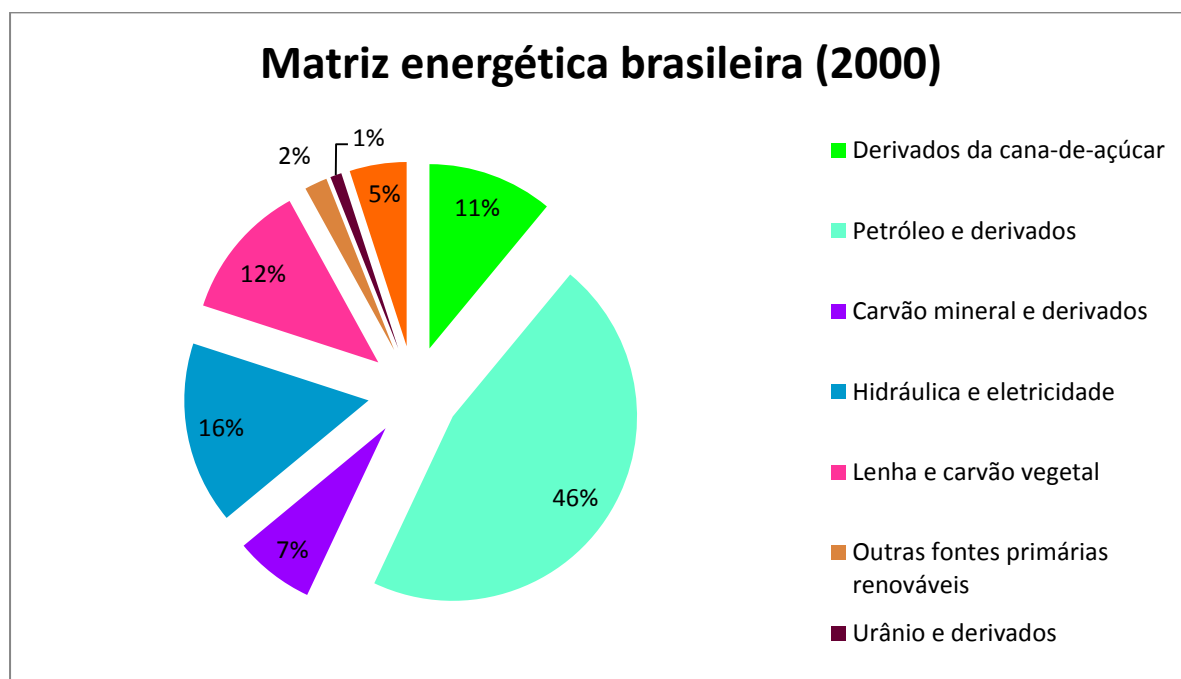


GRÁFICO 3: MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA (2000).
FONTE: Aneel

No Brasil, o uso da energia começa a apresentar um incremento mais significativo com o término da Segunda Grande Guerra Mundial, impulsionada pela expansão populacional e tecnológica, o que representou o crescente consumo da energia elétrica. A TABELA 2 apresenta a estratificação da energia nacional segundo a classe, sendo: residencial, industrial, comercial e outros. O setor industrial gera a maior demanda, seguido pelo setor residencial. Nesta série identifica-se queda de consumo em 2001, em relação o ano de 2000, provocada pelo racionamento de 2001, crise ocorrida no Brasil que afetou o fornecimento e distribuição da energia elétrica por falta de chuva e investimento no setor hidrelétrico, deixando várias represas vazias, impossibilitando a geração de energia por falta de planejamento e investimentos na geração de energia.

TABELA 2: CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE POR CLASSE (1995-2013)

	Consumo (GWH)	Crescimento (%)	Consumo (GWH)	Crescimento (%)	Consumo (GWH)	Crescimento (%)
	1995		1996		1997	
Brasil	243.074	7,8	257.330	5,9	273.280	6,2
Residencial	63.576	13,6	68.581	7,9	74.089	8,0
Industrial	111.626	4,0	117.128	4,9	121.717	3,9
Comercial	32.276	11,9	34.388	6,5	38.198	11,1
Outros	35.596	6,7	37.234	4,6	39.276	5,5
	1998		1999		2000	
Brasil	284.522	4,1	292.188	2,7	307.529	5,3
Residencial	79.340	7,1	81.291	2,5	83.613	2,9
Industrial	121.979	0,2	123.893	1,6	131.278	6,0
Comercial	41.544	8,8	43.588	4,9	47.626	9,3
Outros	41.659	6,1	43.416	4,2	45.011	3,7
	2001		2002		2003	
Brasil	283.257	-7,9	293.226	3,5	306.987	4,7
Residencial	73.622	-11,9	72.718	-1,2	76.162	4,7
Industrial	122.539	-6,7	130.927	6,8	136.221	4,0
Comercial	44.434	-6,7	45.222	1,8	47.531	5,1
Outros	42.663	-5,2	44.359	4,0	47.073	6,1
	2004		2005		2006	
Brasil	329.707	7,4	344.284	4,4	356.129	3,4
Residencial	78.470	3,0	82.644	5,3	85.784	3,8
Industrial	154.163	13,2	158.610	2,9	163.180	2,9
Comercial	49.686	4,5	53.035	6,7	55.369	4,4
Outros	47.389	0,7	49.995	5,5	51.796	3,6
	2007		2008		2009	
Brasil	377.030	5,9	388.472	3,0	384.306	-1,1
Residencial	89.885	4,8	94.746	5,4	100.776	6,4
Industrial	174.369	6,9	175.834	0,8	161.799	-8,0
Comercial	58.647	5,9	61.813	5,4	65.255	5,6
Outros	54.129	4,5	56.079	3,6	56.477	0,7
	2010		2011		2012	
Brasil	415.683	8,2	433.034	4,2	448.105	3,5
Residencial	107.215	6,4	111.971	4,4	117.646	5,1
Industrial	179.478	10,9	183.576	2,3	183.475	-0,1
Comercial	69.170	6,0	73.482	6,2	79.226	7,8
Outros	59.820	5,9	64.006	7,0	67.758	5,9
	2013		2014			
Brasil	463.335	3,4	-	-		
Residencial	124.896	6,2	-	-		
Industrial	184.609	0,6	-	-		
Comercial	83.695	5,6	-	-		
Outros	70.136	3,5	-	-		

FONTE: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (apuração 2003-2004 ELETROBRÁS).

No início da crise levantou-se a hipótese que provavelmente se tornassem necessários longos cortes forçados de energia elétrica em todo Brasil recebendo o título de apagão¹ pela imprensa. Na época surgiram possibilidades de apagões no país, principalmente, em grandes cidades embora não produziu grandes perdas na economia brasileira, graças à campanha por racionamento "voluntário" de energia. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o crescimento econômico é um parâmetro para prever o crescimento no consumo da energia (1995-2013).

Segundo a TABELA 2, houve vertiginoso crescimento no consumo da energia elétrica na rede, por classe, sendo a classe industrial de maior porte no consumo em 1995, progressivamente, se manteve até o ano de 2013, com 111.626 GWH e 184.609, respectivamente (1995-2013).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) afirma que em 2013 a oferta total interna de energia demandada no Brasil atingiu 296,2 Mtep, registrando um crescimento de 4,5% no Produto Interno Bruto (PIB) nacional, na ordem de 2,3% (BEN, 2014).

Em 2010 a população brasileira totalizava aproximadamente 200,4 milhões de habitantes nas regiões Sul, Sudeste, Norte, Centro-Oeste e Nordeste. No *ranking* mundial o Brasil é o quinto país mais populoso no globo terrestre. Para esse mesmo ano dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) apontam que 97,8% da população dispunha de acesso à energia, mas o maior problema enfrentado pelas Agências Distribuidoras refere-se à qualidade no fornecimento e entrega do produto, à conexão e ao atendimento ao consumidor (GRÁFICO 4).

Segundo Matos et al. (2012), em estudo para avaliar a qualidade do serviço de fornecimento da energia elétrica no Brasil a ANEEL foi submetida à apreciação frente à sociedade por meio da aplicação do método *benchmarking*, intitulado *Data Envelopment Analysis* (DEA) amplamente utilizado por agências reguladoras do setor elétrico em países como: Áustria, Grã-Bretanha, Bélgica, Finlândia e Holanda para substituir o modelo de empresa referência aplicado no Primeiro e Segundo Ciclos das Revisões Tarifárias Periódicas e de qualidade na entrega da energia pelas distribuidoras. E, por meio do DEA os custos praticados e da qualidade na entrega os resultados atingidos para cada concessionária de energia foram

¹ Apagão, termo que designa interrupções e falta de energia elétrica frequente, como blecaute (do inglês *blackout*) com maior duração.

comparados com os custos/resultados de outras concessionárias, sendo traçada uma fronteira de eficiência em termos de custos e qualidade.

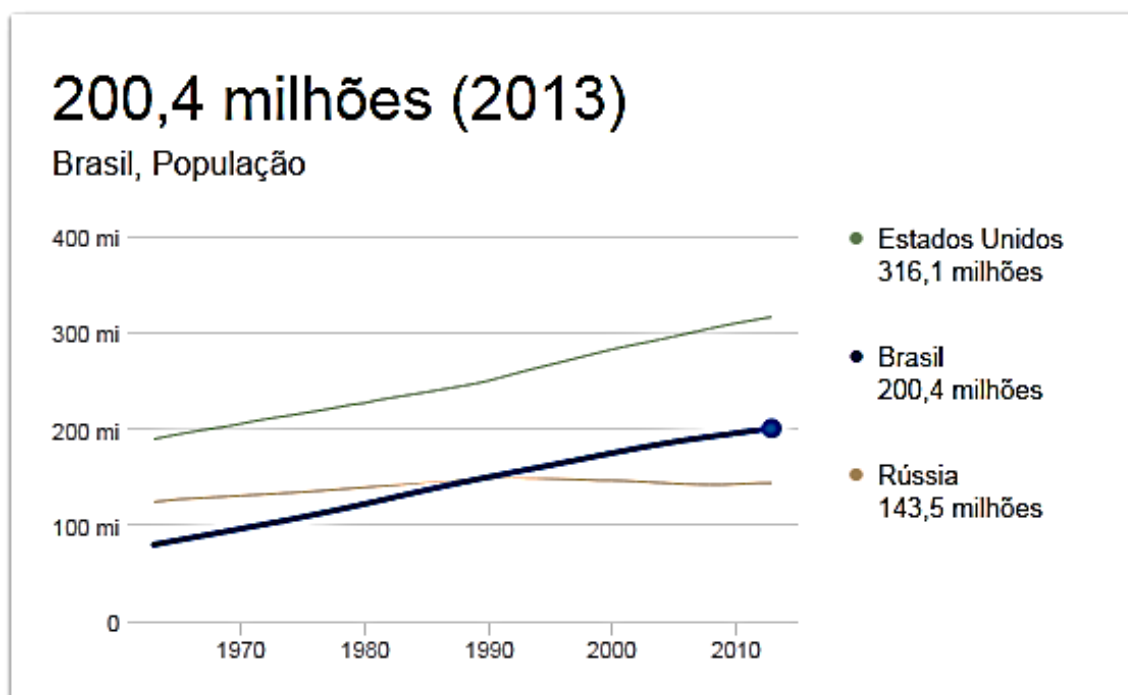


GRÁFICO 4: POPULAÇÃO BRASILEIRA
FONTE: POPULAÇÃO - BRASIL (2010).

O resultado do modelo foram escores de eficiência que indicaram o *quantum* cada empresa transformava os insumos (custos) em produtos (mercado faturado, número de consumidores e extensão da rede) e a qualidade na rede, comparativamente com empresas similares. Os resultados mostraram que ao modelar a atividade de distribuição por meio do Modelo de Empresa de Referência assumiu-se que as empresas de maior porte têm menores custos com a estrutura administrativa e melhor qualidade no fornecimento e entrega da energia, o que implicaria em maiores retornos de escala. Neste sentido, a ANEEL atendeu aos requisitos propostos, de forma a beneficiar o consumidor final.

O Relatório do Balanço Energético Nacional (BEN/2014) aponta que frente condições hidrológicas desfavoráveis por dois anos consecutivos houve redução na oferta de energia hidráulica. Em 2013 o decréscimo foi 5,4%. E, uma menor oferta hídrica explica o recuo na participação das energias renováveis na matriz elétrica, sendo de 84,5% em 2012, para 79,3% (55,2%) em 2013, com um incremento de 1.724 MW na potência instalada do parque hidrelétrico, mesmo assim baixou.

Segundo o BEN (2014), o aumento do consumo final da eletricidade no país, em 2013, foi de 3,6% para os setores residencial e comercial, atendidos a partir da

expansão dos sistemas de geração térmica para usinas movidas a carvão mineral (+75,7%), gás natural (+47,6%) e bagaço da cana (+19,2%), sendo que sua participação na matriz elétrica, em 2013, comparativamente a 2012, cresceu da ordem de 1,6 para 2,6% (carvão mineral), de 7,9 para 11,3% (gás natural), e de 4,2 para 4,9% (bagaço de cana).

No Brasil, entre os setores que fazem uso da energia elétrica encontram-se os setores da indústria (33,9%), transporte (32,0%), residência (9,1%), setor energético (10,0%), agropecuária (4,1%), serviços 4,6%, uso não energético 6,3%, assim, o uso energético correspondeu a 93,7% em 2013 (BEN, 2014). Na oferta total da energia no Brasil, em 2013, correspondeu à soma da energia hidráulica acrescida da energia elétrica, que juntas corresponderam a 12,5%. Porém, no tocante à demanda total do consumo o setor comercial apresentou 2,7% e o setor residencial 8,0% (BEN, 2014).

A FIGURA 1 demonstra o cenário do consumo de energia hidráulica por setor, de forma que o industrial é o que mais consome energia, o comercial e as perdas o de maior representatividade.

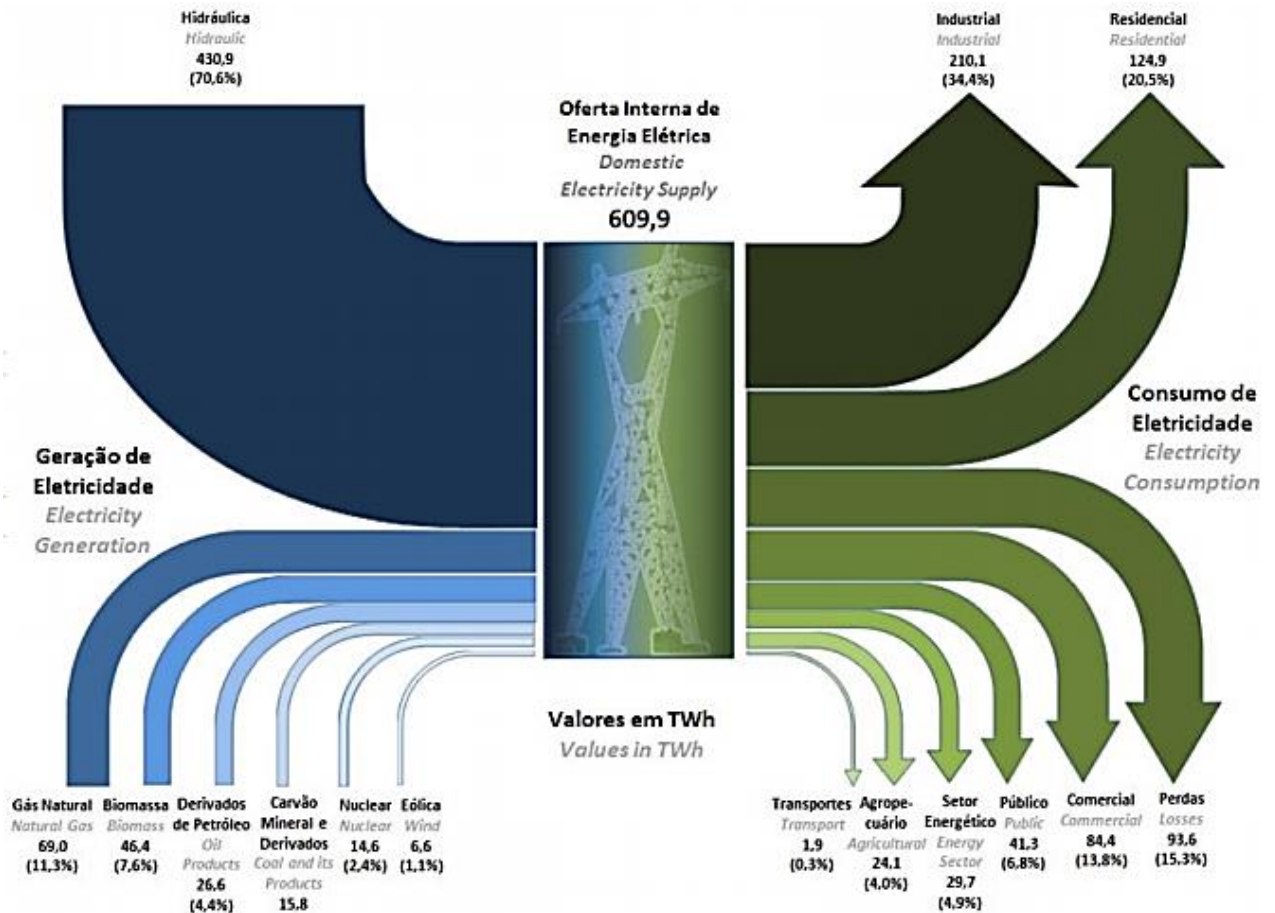


FIGURA 1: FLUXO ENERGÉTICO
FONTE: BEN (2014).

Conforme a FIGURA 1, o gás natural tem sido a fonte energética de maior evidência no país, seguida da biomassa e posteriormente os derivados do petróleo.

2.2 O CENÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA POR MEIO DOS LEILÕES

No atual contexto das demandas considera-se a hidroeletricidade a fonte energética mais adequada à produção da eletricidade, um padrão dominante no Brasil. Normalmente, usinas são construídas em locais distantes dos centros de consumidores, cujo fato eleva os valores do transporte da energia transmitida por fios até as cidades. A eficiência energética² das hidrelétricas situa-se em torno de

² Segundo Ministério do Meio ambiente, eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. A promoção da eficiência energética abrange a otimização das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento. Adotam-se, como pressupostos básicos, a manutenção das condições de conforto, de segurança e de produtividade

95%. No entanto, o investimento inicial e os custos de manutenção são elevados, porém, o custo com combustível (água) é nulo.

Conforme o Banco Mundial em 2013, o Brasil é o sétimo maior consumidor de energia do mundo e 99% da população brasileira tem acesso ao serviço, embora se tente afastar o país da lista dos 20 mercados com piores déficits energéticos do mundo. A China e os Estados Unidos encabeçam o *ranking* dos maiores consumidores globais, respondendo por 40% do consumo primário da energia no mundo. A equipe do Banco Mundial destaca que neste grupo de países os esforços para aumentar a geração de energia renovável de fontes não tradicionais precisam ser concentrados. Considerando o período acumulado de 1990/2010, o Brasil tem a décima maior demanda mundial por energia básica.

Os Leilões de Energia Elétrica (LEE) são processos licitatórios realizados com o objetivo de contratar a energia elétrica necessária para assegurar o pleno atendimento da demanda futura no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) - (mercado das distribuidoras).

Os vencedores de leilões celebram com agentes de distribuição os contratos de comercialização de energia elétrica em ambiente regulado (CCEAR), correspondendo às necessidades de compra para entrega no início do suprimento da energia contratada. Leilões realizados a partir de 2005 introduziram a competição entre agentes de geração e distribuição na contratação da energia elétrica, atendendo aos princípios de segurança no abastecimento e modicidade tarifária, assim, a energia contratada a partir do modelo resulta aquisições pelo menor preço.

No 19º Leilão de energia proveniente de novos empreendimentos de geração (Leilão "A-3"³) realizado em 06/06/2014 os empreendimentos a vender eletricidade em leilão foram as usinas eólicas e o projeto de expansão da hidrelétrica Santo Antônio, no Rio Madeira. O leilão realizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) vendeu energia de 968,6 megawatts (MW) de usinas, dos quais 551 MW correspondem a novos projetos eólicos vendidos ao preço médio de 129,97

dos usuários, contribuindo, adicionalmente, para a melhoria da qualidade dos serviços de energia e para a mitigação dos impactos ambientais.

³ A-3: Ano em que são realizados os Leilões de Compra de Energia Elétrica com início de suprimento em 1º de janeiro de 2010. Corresponde, para todos os efeitos, ao terceiro ano anterior ao Ano Base "A". Portaria MME n. 91, de 29 de maio de 2007 (Diário Oficial, de 30 maio 2007, seção 1, p. 103). É um processo licitatório para a contratação de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração novos realizado com 3 (três) anos de antecedência do início do suprimento. Esse leilão foi criado para viabilizar empreendimentos de médio prazo de maturação, como, por exemplo, os empreendimentos termelétricos.

reais por megawatt-hora (MWh). A energia da expansão da hidrelétrica Santo Antônio, referente à capacidade de 417,6 MW, vendeu 126,9 MW médios de energia, sem deságio, ao preço de 121 reais por MWh.

2.3 POTENCIAL HIDRELÉTRICO NACIONAL

O potencial hidrelétrico configura a capacidade de produção de energia elétrica, por meio das águas de rios ou de bacias hidrográficas, compreendendo usinas em operação ou em construção e o aproveitamento disponível no nível de inventário, viabilidade e projeto básico. Tomando por base o inventário como a etapa em que se mede com precisão o potencial e avaliam-se os valores obtidos no potencial estimado.

Um estudo elaborado pelo Ministério de Minas e Energia sobre a Matriz Energética Nacional (2007, p. 26) estima que o potencial tecnicamente disponível para aproveitamento hidráulico no mundo corresponde a cerca de 15.899 TWh/ano do valor teórico máximo de 40.700 TWh/ano no mundo. Em torno de 65% do recurso concentra-se em 10 países, com potencial igual ou superior a 1.000 TWh/ano. A relação entre potencial tecnicamente aproveitável e recurso total é variável de região para região em razão das condições locais e do estágio de conhecimento (nível dos estudos e das investigações). Considerando esses aspectos, no ranking dos países o Brasil mantém-se como detentor do terceiro maior potencial no mundo, perdendo, para a China e a Rússia (FIGURA 2).

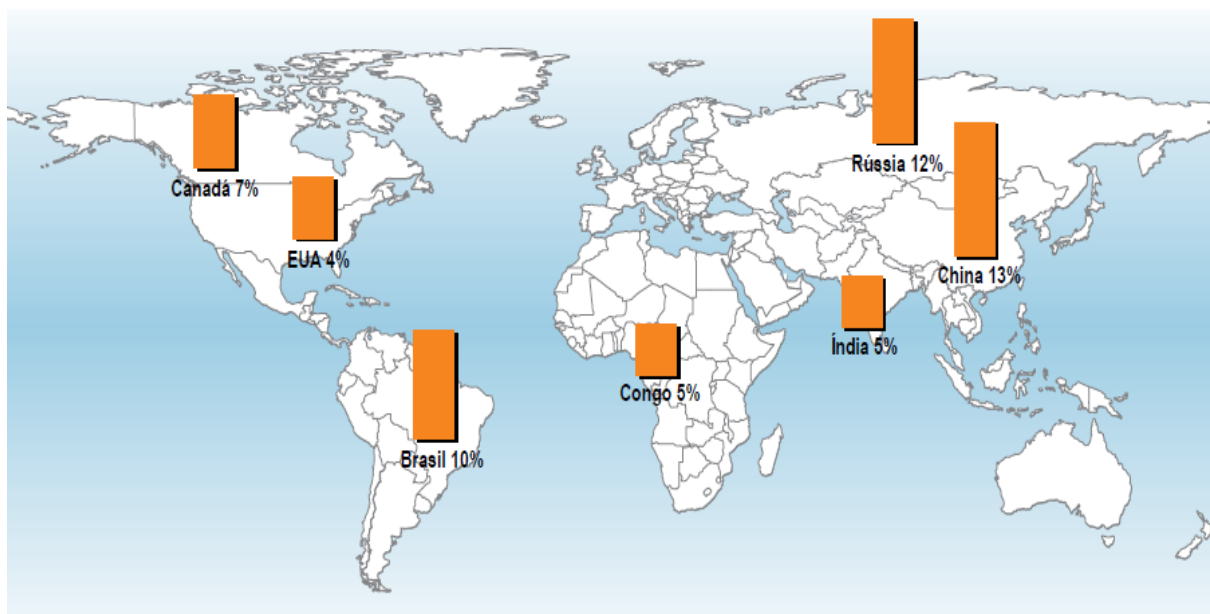


FIGURA 2: PRINCIPAIS POTENCIAIS HIDRELÉTRICOS TECNICAMENTE APROVEITÁVEIS NO MUNDO
 FONTE: EPE (2007).

O Plano 2015 (Eletrobrás, 1992) estimou o potencial de geração hídrica no Brasil em 260 mil MW. Contudo, somente 68% do potencial foi inventariado. De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial a aproveitar foi cerca de 126.000 MW. Na sequência abordam-se as bacias de maior potencial, entre elas destacam-se o Rio Amazonas e o Rio Paraná. Integra o PLANO 2015 - PROJETO 4, p. 4.

Porém, mais de 70% estão nas bacias do Amazonas e Tocantins/Araguaia. O restante, por razões ambientais, considerando a legislação atual sobre o tema, apresentam dificuldades para aproveitamento, encontram-se localizados em terras indígenas, parques nacionais, reservas florestais, de preservação ambiental e apresentam dificuldades no aproveitamento, considerando a legislação ambiental nacional. Em várias destas áreas ou regiões não é permitido desenvolver estudos de inventário e viabilidade das bacias hidrográficas e usinas hidrelétricas. De acordo com estudos de avaliação procedidos os valores estimados se situam em até 35% abaixo do valor final inventariado, onde se conclui que o potencial estimado é conservador (BEN, 2014). O GRÁFICO 5 ilustra a redução do potencial, aumentando a preocupação dos planejadores.

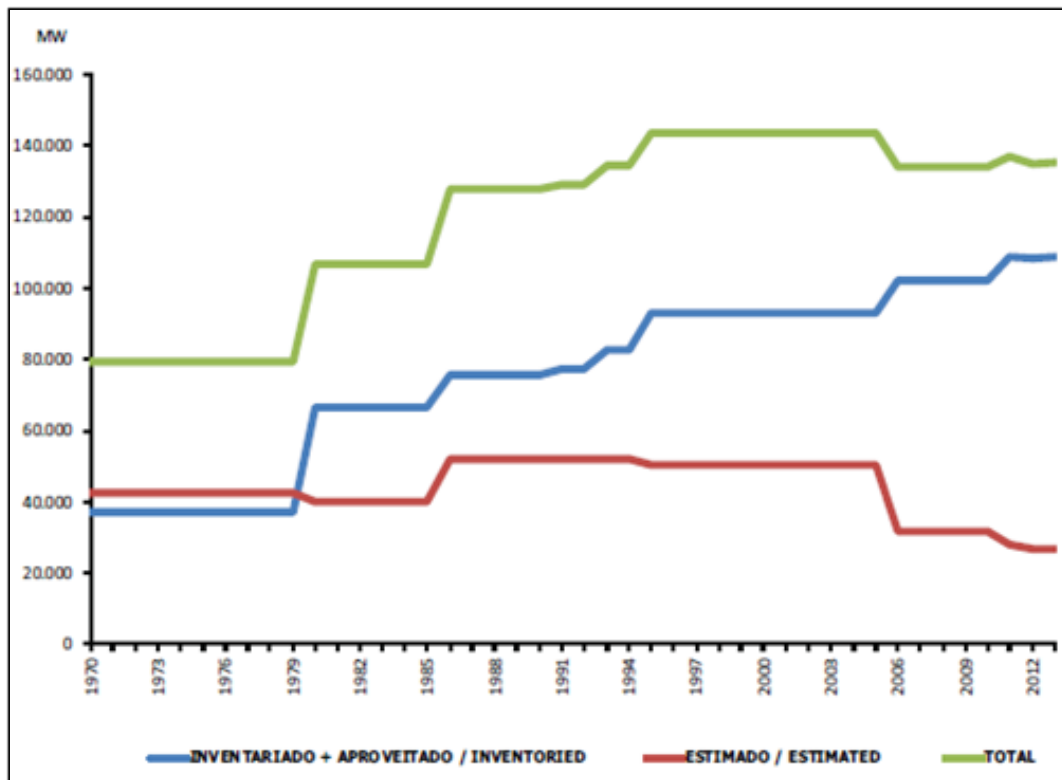


GRÁFICO 5: POTENCIAL HIDRELÉTRICO
 FONTE: BEN (2014).

Na sequência encontra-se estratificada a região brasileira de maior potencial hidrelétrico, considerando seu aproveitamento nos estágios de inventário, viabilidade e projeto básico, caso os estudos sejam aprovados pelo poder concedente.

Segundo o GRÁFICO 6, no Brasil, em relação ao potencial energético geral a região Sudeste faz maior aproveitamento do petróleo como fonte energética, com 90% da capacidade instalada e 80% para o gás natural, ao passo que a região Norte usa 40% do potencial hidráulico total do país.

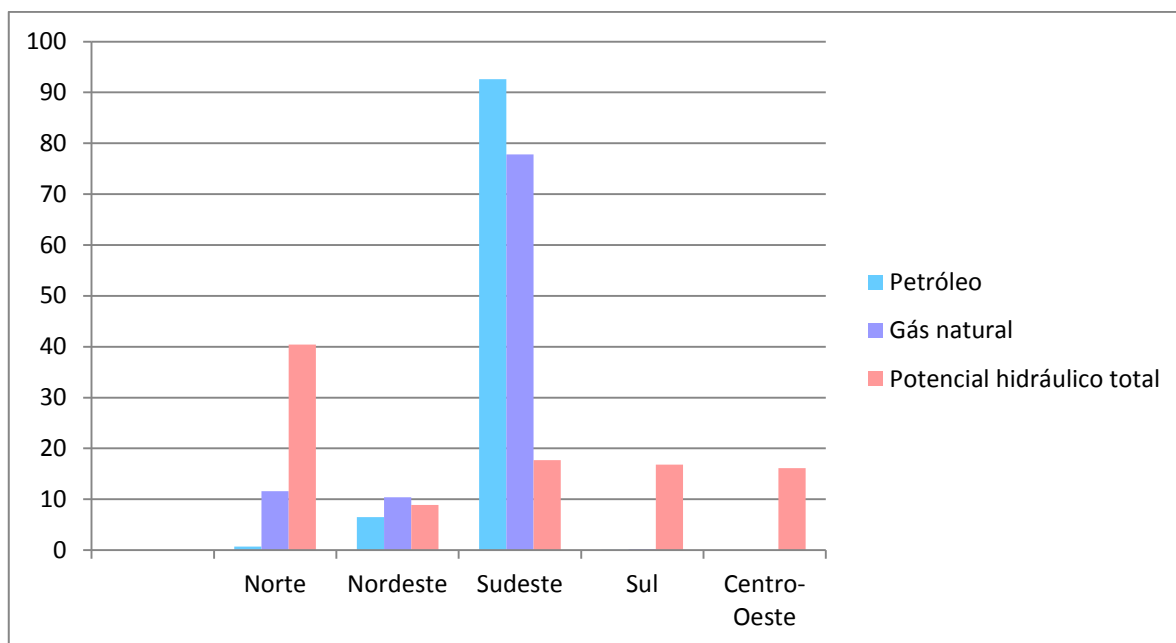


GRÁFICO 6: POTENCIAL GERAL BRASIL E REGIÃO NORTE
 FONTE: BEN (2014).

Os potenciais calculados considerando distribuição equitativa nos aproveitamentos de fronteira. Conforme já mencionado anteriormente, as bacias com maior potencial destacam-se as do Rio Amazonas e Rio Paraná. Na Bacia do Amazonas destaca-se a sub-bacia 18 (Rio Xingu), com 12,7% do potencial inventariado no País. Outras sub-bacias do Amazonas, cujos potenciais estimados são consideráveis são do Rio Tapajós (17), a do Rio Madeira (15) e a do Rio Negro (14). Na Bacia do Tocantins, destaca-se a sub-bacia 29 (Rio Itacaiunas e outros), com 6,1% do potencial brasileiro inventariado. Na Bacia do São Francisco, o destaque vai para a sub-bacia 49, que representa 9,9% do potencial inventariado. Na Bacia do Paraná, existem várias sub-bacias com grandes potenciais, entre elas a 64 (Paraná, Paranapanema e outros), com 8,1% do potencial hidrelétrico inventariado no País.

Algumas das usinas em processo de licitação ou em obras na Amazônia vão participar da lista das dez maiores do Brasil: Belo Monte (que terá potência instalada de 11.233 *megawatts*), São Luiz do Tapajós (8.381 MW), Jirau (3.750 MW) e Santo Antônio (3.150MW). Entre as maiores em funcionamento estão a da Itaipu com 14 mil MW ou 16,4% da energia consumida em todo o Brasil, a de Tucuruí com 8.730 MW, de Ilha Solteira com 3.444 MW, de Xingó com 3.162 MW e a de Paulo Afonso IV, com 2.462 MW.

As novas usinas da região Norte apresentam um desafio logístico, ou seja, em se tratando da transmissão para grandes centros distantes a milhares de quilômetros, cujo problema deve ser solucionado pelo Sistema Integrado Nacional (SIN), uma rede composta por linhas de transmissão e usinas que operam de forma integrada e abrange a maior parte do território do país. O Sistema de Informação (SIN) é composto por empresas que exploram a energia nas regiões: Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Neste sentido, segundo a TABELA 3, o Sistema de Informação do Potencial Hidroelétrico Brasileiro (SINPHB) garante a exploração racional de 96,6% de praticamente toda a energia produzida no país.

TABELA 3: SISTEMA DE INFORMAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO

BACIA	ESTIMADO		INVENTARIADO		TOTAL (MW)	
	(MW)	% TOTAL	(MW)	% TOTAL	(MW)	% TOTAL
Rio Amazonas	64.164,49	78,8	40.883,07	23,0	105.047,56	40,6
Tio Tocantins	2.018,80	2,5	24.620,65	13,9	26.639,45	10,3
Atlântico Norte/Nordeste	1.070,50	1,3	2.127,85	1,2	3.198,35	1,2
Rio São Francisco	1.917,28	2,4	24.229,84	13,7	26.217,12	10,1
Atlântico Leste	1.779,20	2,2	12.759,81	7,2	14.539,01	5,6
Rio Paraná	7.119,29	8,7	53.783,42	30,3	60.902,71	23,5
Uruguai	1.151,70	1,4	11.664,16	6,6	12.815,86	5,0
Atlântico Sudeste	2.169,16	2,7	7.296,77	4,1	9.465,93	3,7
TOTAL	81.390,42	100	177.365,57	100	258.825,99	100

FONTE: ELETROBRAS/SIPOT (2003).

Segundo a FIGURA 3, as regiões com maior potencial hidroelétrico em MW, no Brasil, são as regiões: 15, 17, 18, 49 e 64. Nas demais, o valor fica abaixo dos 15.000MW.

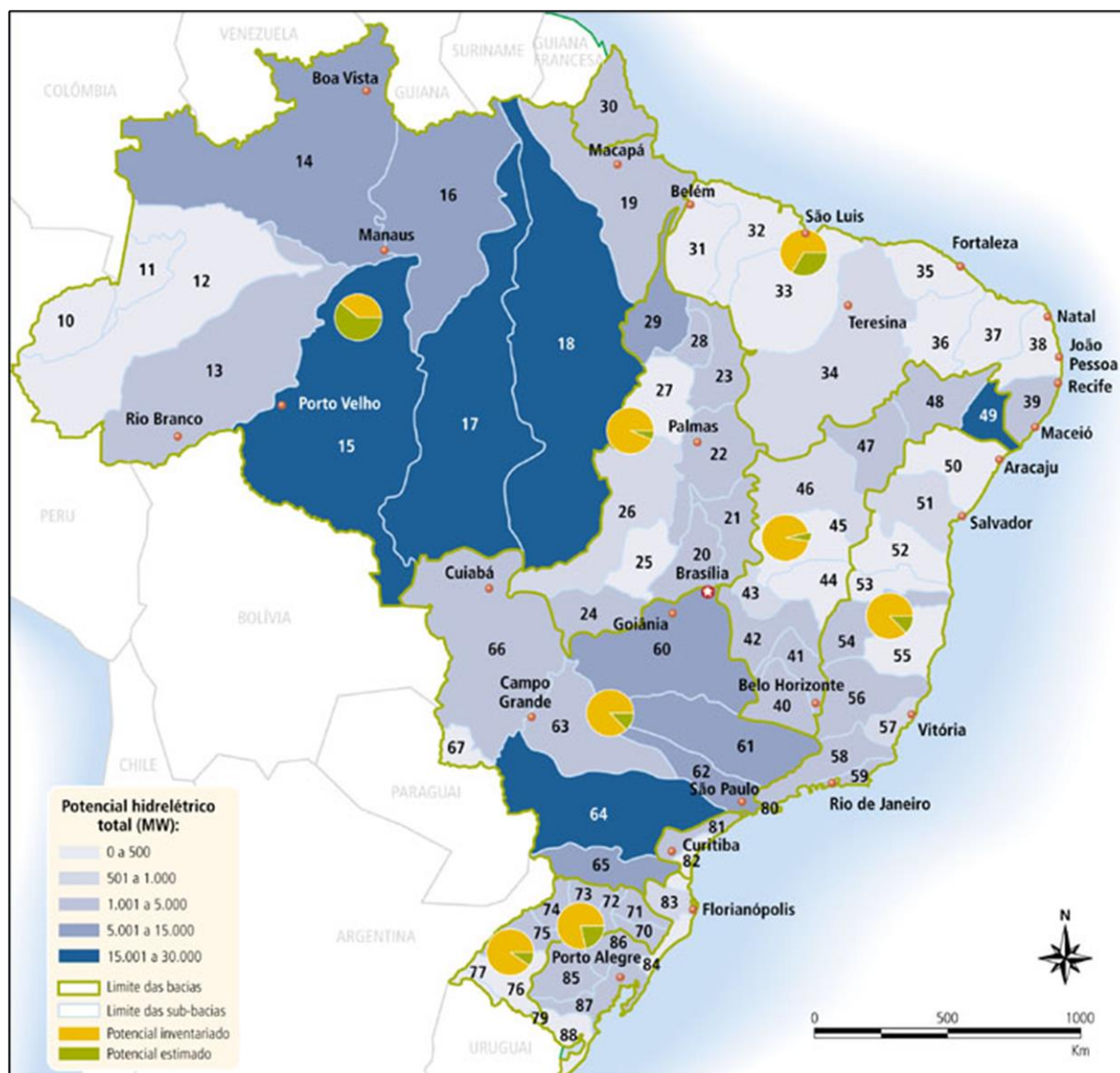


FIGURA 3: SISTEMA DE INFORMAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO
 FONTE: ELETROBRAS/SIPOT (2003).

2.4 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL

No Brasil, a qualidade na oferta da energia apresenta dificuldades quanto à distribuição, porém, em todas as regiões cada uma tem características únicas em relação às demais. O mercado de energia elétrica conta com 63 distribuidoras em todo o território, cujos agentes fornecedores possuem direitos e obrigações estabelecidas no Contrato de Concessão celebrado entre cessionários e Poder Público (União), sendo o trabalho supervisionado pela ANEEL. Tem como objetivo garantir o equilíbrio econômico e financeiro entre distribuidor, fornecedor e

consumidor no fornecimento da energia, com preço justo e favorável para o consumidor final (hipossuficiente).

Segundo Pereira (2011), priorizar a produção da hidroeletricidade justifica-se em características naturais do Brasil, que facilitam os investimentos em hidrelétricas, em vista de que o relevo brasileiro é predominantemente composto por montanhas e planaltos, contribuindo assim para a formação dos rios e quedas d'água, o clima brasileiro, exceto no Nordeste é chuvoso e auxilia no fluxo d'água em rios nacionais.

O Plano Nacional de Energia Elétrica (PNEE/1987-2010) consolida a opção do governo brasileiro pela hidroeletricidade, como principal fonte de energia elétrica e firma a estratégia do governo para aumentar a oferta da hidroeletricidade a partir da construção de grandes usinas na Amazônia e da instalação de pequenas e médias usinas nas demais regiões do país. O PNEE explicitou a intenção de o governo aumentar de 9% para 78% o aproveitamento do potencial hidrelétrico da Amazônia até 2010.

Segundo o Plano Nacional de Energia Elétrica (2010), a hidroeletricidade não está vulnerável à oscilação do preço e interrupção no fornecimento, como ocorre com o petróleo. O Brasil adquiriu experiência com o planejamento e construção de centrais hidrelétricas e sistemas de transmissão, proporcionando maior autonomia tecnológica na produção de uma hidroeletricidade suficiente e capaz de atender as demandas. Os reservatórios hidráulicos apresentam diversas utilidades e não unicamente para produzir energia elétrica, mas para irrigar cultivos, controlar cheias, navegação, abastecimento d'água e diversas outras possibilidades, representando uma opção à produção de energia a um baixo custo (PNEE, 2010).

2.5 LEGISLAÇÃO

Conforme preconiza a Constituição da República Federativa do Brasil (1988), nos seus arts. 175 e 176, em âmbito interno (no Brasil), o fornecimento de energia elétrica é responsabilidade de empresas concessionárias ou permissionárias, no regime de concessão ou permissão diretamente ligadas e incumbidas a prestar conta ao Poder Público, uma vez concedida a licença mediante licitação para atuar na esfera de exploração autorizada.

O regime de exploração das fontes de energia elétrica, por concessionárias e permissionárias é regulado pelo serviço público, de caráter contratual e prorrogável, obedece às condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão. Neste sentido, jazidas (lavras ou não) e outros recursos minerais e potências de energia hidráulica constituem propriedade distinta do solo, protegidos por Leis ambientais que se destinam resguardar o patrimônio da sociedade, regulados quanto à exploração e aproveitamento, visto que pertencem à União e garantidos para concessionários e permissionários o poder e forma de exploração. A pesquisa, as lavras dos recursos minerais e o aproveitamento desses bens somente podem ocorrer mediante a autorização ou concessão, pela União, segundo interesse nacional quando explorado por brasileiros ou empresas constituídas na regência de Leis brasileiras, que tenham sede e administração no país, para que estabeleçam condições específicas quanto às atividades que se desenvolvam na faixa de fronteiras ou terras indígenas. A pesquisa é liberada por tempo determinado e as autorizações e concessões previstas não podem ser cedidas ou transferidas, total ou parcialmente, sem que haja prévia anuência do Poder Público.

2.6 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A matriz energética é uma representação quantitativa de todos os recursos energéticos disponíveis em determinado território, região, país ou continente, a serem utilizados em diversos processos produtivos. A matriz energética brasileira está entre as mais limpas do planeta e, mais da metade da energia elétrica consumida é renovável, proveniente de recursos capazes de refazimento em curto prazo. A TABELA 4 mostra que atualmente, 63% da matriz elétrica tem origem na fonte hídrica, 1,4% no urânio (nuclelétrica), 8,9% no gás natural, 6,4 % nos derivados do petróleo, 8,6% na biomassa e 3,0% na fonte eólica.

TABELA 4: MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA (2014) – EMPREENDIMENTOS EM OPERAÇÃO

FONTE		CAPACIDADE INSTALADA				TOTAL		
ORIGEM	NÍVEL 1	NÍVEL 2	QUANT. USINAS	(KW)	%	QUANT. USINAS	(KW)	%
BIOMASSA	Agroindústria	Bagaço de cana de açúcar	385	9.806.723	6,9863			
		Biogás-AGR	2	1.722	0,0012	399	9.877.678	7,0368
		Capim elefante	2	31.700	0,0225			
		Casca de arroz	10	37.533	0,0267			
	Biocombustível líquidos	Óleos vegetais	3	19.110	0,0136	3	19.110	0,0136
		Carvão vegetal	7	54.900	0,0391			
		Gás de alto forno -	6	102.865	0,0732			
	Floresta	Biomassa licor negro	17	1.785.102	1,2717	76	2.300.592	1,6389
		Resíduos de madeira	46	357.725	0,2548			
		Resíduo animal	11	1.199	0,0008	11	1.199	0,0008
EÓLICA	Cinética do vento	Resíduo sólido urbano	11	66.971	0,0477	11	66.971	0,0477
		Biogás (RU)	11	66.971	0,0477	11	66.971	0,0477
	Cinética do vento	Cinética do vento	196	4.236.498	3,018	196	4.236.498	3,018
	Carvão mineral	Calor de Processo (CM)	1	24.400	0,0173			
		Carvão Mineral	13	3.389.465	2,4146	22	3.593.155	2,5597
		Gás de Alto Forno (CM)	8	179.290	0,1277			
		Calor de Processo (GN)	1	40.000	0,0284	122	12.589.996	8,9691
	Gás natural	Gás Natural	121	12.549.996	8,9406			
		Calor de Processo (OF)	2	149.300	0,1063	2	149.300	0,1063
		Gás de Refinaria	7	339.960	0,2421			
	Outros Fósseis	Óleo Combustível	34	4.083.973	2,9094			
		Óleo Diesel	1175	3.582.304	2,552	1231	8.931.445	6,3627
		Outros Energéticos de Petróleo	15	925.208	0,6591			
HÍDRICA	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	1146	88.429.961	62,997	1146	88.429.961	62,997
NUCLEAR	Urânio	Urânio	2	1.990.000	1,4176	2	1.990.000	1,4176
SOLAR	Radiação solar	Radiação solar	259	14.819	0,0105	259	14.819	0,0105
IMPOR TAÇÃO	Paraguai			5.650.000	4,025			
	Argentina			2.250.000	1,6028			
	Venezuela			200.000	0,1424		8.170.000	5,8203
	Uruguai			70.000	0,0498			
TOTAL			3480	140.370.724	100	3480	140.370.724	100

FONTE: ANEEL (6/11/2014).

A análise da matriz energética é fundamental para orientar o planejamento do setor energético, pois reúne atividades ligadas à produção, transporte, inovação, manejo e venda de produtos energéticos de um país ou região, com a finalidade de garantir a produção, segurança energética e o uso adequado da energia disponível.

2.6.1 Projeção para 2030

O Plano Nacional de Energia (PNE/2030) figura como um dos primeiros estudos que tratam do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos no âmbito do governo brasileiro. Neste sentido, estudos integrantes do PNE/2030 foram conduzidos pela EPE para o Ministério de Minas e Energia (MME) e originaram a elaboração de quase uma centena de notas técnicas. Todas as fontes e formas de energia foram alcançadas pelo estudo, sendo de se destacar a energia elétrica, o petróleo e seus derivados, o gás natural e os derivados da cana-de-açúcar. O trabalho fornece os subsídios para a formulação de uma estratégia de expansão da oferta de energia econômica e sustentável com vistas ao atendimento da evolução da demanda, segundo uma perspectiva de longo prazo.

O Documento Projeções Mundiais para Oferta e Demanda de Energia, publicado em 2007 enfatiza que a Matriz Energética Brasileira 2030 compõe o Plano Nacional de Energia 2030, juntamente com relatórios principais que consolidam estudos desenvolvidos sobre a expansão na oferta e na demanda de energia no Brasil, nos próximos 25 anos. A Matriz Energética no mundo, para 2030, pode ser contemplada na TABELA 5, integrante do Plano Nacional de Energia, decorrente de estudos sobre a expansão da oferta e da demanda da energia, para os próximos 25 anos.

TABELA 5: PROJEÇÕES MUNDIAIS PARA OFERTA E DEMANDA DE ENERGIA

INDICADORES GLOBAIS	1990	2000	2010	2020	2030
População (milhões)	5.248	6.102	6.855	7.558	8.164
PIB (bilhões de €,99)	30.793	41.407	58.350	79.400	102.788
PIB per capita (milhares de €,99)	5,9	6,8	8,5	10,5	12,6
% de renováveis no consumo	13%	13%	11%	9%	8%
Produção primária (Mtep)	8.530	9.953	12.110	14.611	17.213
Carvão, linhito	1.901	2.389	2.931	3.723	4.757
Petróleo	3.258	3.517	4.250	5.099	5.878
Gás natural	1.754	2.129	2.860	3.693	4.340
Nuclear	509	663	799	792	872
Hidro, geotérmica	193	238	290	342	392
Madeira e resíduos	904	1002	949	908	900
Eólica, solar e PCH	11	15	30	54	73
Consumo interno total (Mtep)	8.668	9.980	12.043	14.514	17.065
Carvão, lignito	2.168	2.371	2.913	3.704	4.739
Petróleo	3.104	3.591	4.250	5.099	5.878
Gás natural	1.747	2.127	2.859	3.689	4.323
Eletricidade Primária	746	890	1.072	1.114	1.225
Madeira e resíduos	904	1002	949	908	900
Geração de eletricidade (TWh)	11.945	14.865	19.339	26.122	34.716
Térmica, dos quais:	7.561	9.299	12.464	18.382	25.803
Carvão convencional, lignita	4.412	5.516	5.532	5.154	4.325
Tecnologia avançada de carvão	0	0	1.582	5.573	11.331
Gás natural	1.688	2.418	4.054	6.209	8.542
Biomassa	132	197	260	335	423
Nuclear	2.013	2.622	3.161	3.137	3.498
Hidro, geotérmica	2.246	2.771	3.371	3.971	4.562
Solar	1	2	24	44	51
Eólica	4	23	117	342	544
PCH	120	149	203	245	258
Calor e energia combinados	519	586	1055	1.510	1.568
Consumo final de energia (Mtep)	6.270	7.124	8.682	10.425	12.132
Carvão, lignito	882	762	1100	1.371	1.626
Petróleo	2.540	2.998	3.609	4.339	5.041
Gás natural	960	1.102	1.423	1.704	1.859
Calor	179	234	235	236	238
Eletricidade	832	1.083	1.442	1.974	2.621
Madeira e resíduos	865	945	872	800	748
Indústria	2.411	2.524	3.190	3.800	4.289
Transportes	1.459	1.733	2.056	2.413	2.796
Residencial, serviços e agricultura	2.437	2.867	3.437	4.213	5.047

FONTE: BRASIL (2014).

O Plano Decenal de Expansão 2022, proposto pelo Ministério das Minas e Energia⁴ estima que entre 2012-2022 o país precisará do acréscimo de 4,2% /ano na potência instalada, totalizando cerca de 40 mil MW a mais até o fim do período. Enquanto isso, o plano prevê que até 2022 a capacidade instalada⁵ do país tenha o acréscimo de 63,5 mil MW, um crescimento de 53% sobre a capacidade de 2012, o

⁴ Os Planos Decenais elaborados no setor elétrico constituem um dos principais instrumentos de planejamento da expansão eletroenergética do país. A partir de 2007 estes Planos ampliaram a abrangência dos seus estudos, incorporando uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta de diversos energéticos, além da energia elétrica.

⁵ Capacidade instalada é o total da capacidade de geração de todas as turbinas de uma usina (Glossário ABRADÉE).

que garantiria novas necessidades. Segundo MEN 2030 do Ministério das Minas e Energia (MME, p. 140), em 2030, o consumo de energia elétrica poderá se situar entre 950 e 1.250 TWh/ano, o que exigirá a instalação de uma potência hidrelétrica adicional expressiva.

Já a projeção da matriz de energia elétrica nacional para 2030, segundo o GRÁFICO 7, em 2005, a energia hidráulica era de 91%, mas a previsão para 2030 será de 78% a participação da hidroeletricidade.

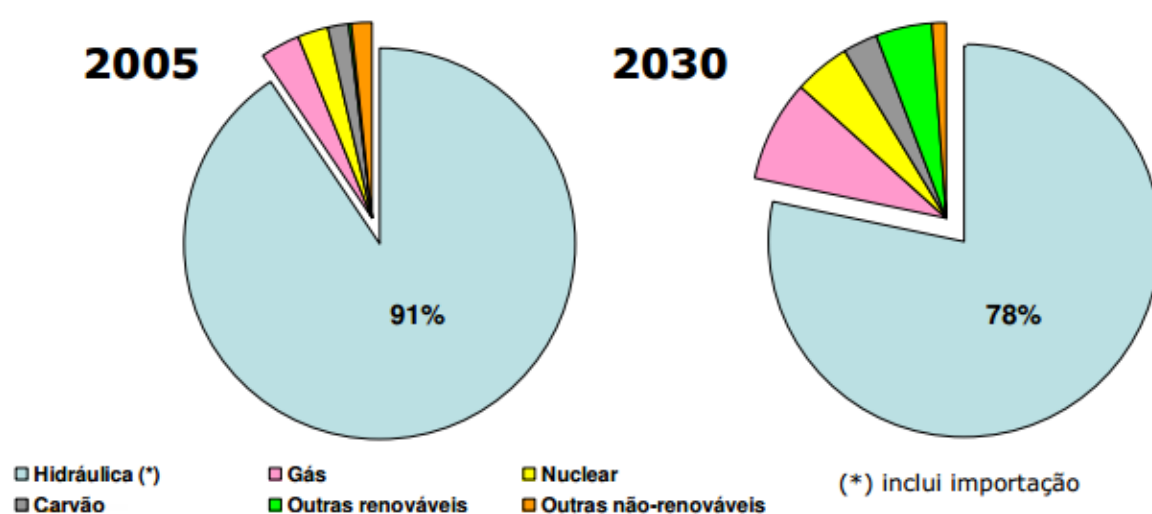


GRÁFICO 7: CRESCIMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E REDUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DA HIDROELETRICIDADE (2005-2030)

Conforme o IPEA, com base no Plano Decenal de Energia (PDE/2019) e no Plano Nacional de Energia 2030, a estrutura da matriz chegará em 2030 com uma participação menor na geração da fonte hídrica (74%), com crescimento na geração nucleelétrica (4,1%), gás natural (9,2%) e fonte eólica (2,1%). Segundo o PDE (2019), estima-se que a partir de 2014 não haverá acréscimo da capacidade de geração de energia em cuja fonte seja derivada do petróleo, carvão e gás natural, porém, a tendência é que essa estimativa não se confirme no sentido de estar subestimada (TABELA 6).

TABELA 6: PROJEÇÃO NA OFERTA E DEMANDA DA ELETRICIDADE (TWH)

ANO	2013	2020	2030
OFERTA INTERNA	609,9	826,6	1194,9
Hidráulica	391,0	585,7	817,6
Nuclear	14,6	30,5	51,6
Carvão mineral	14,8	15,6	31,4
Gás natural	69,0	61,5	92,1
Centrais eólicas	6,6	5,0	10,3
Outras fontes	74,0	84,2	148,0
CONSUMO¹	516,3	706,7	1030,1
Residencial	124,9	169,1	283,3
Industrial	184,6	338,3	455,5
Comercial e público	153,8	159,6	267,3
Outros ²	53,0	39,7	24,0

¹ A projeção do consumo inclui o progresso autônomo da conservação de energia elétrica

² Inclui os transportes e agropecuária

FONTE: EPE (2013).

Segundo o GRÁFICO 8, em 2020 a oferta interna será de 1.194,9 TWh e o consumo de 1.030,1 TWh.

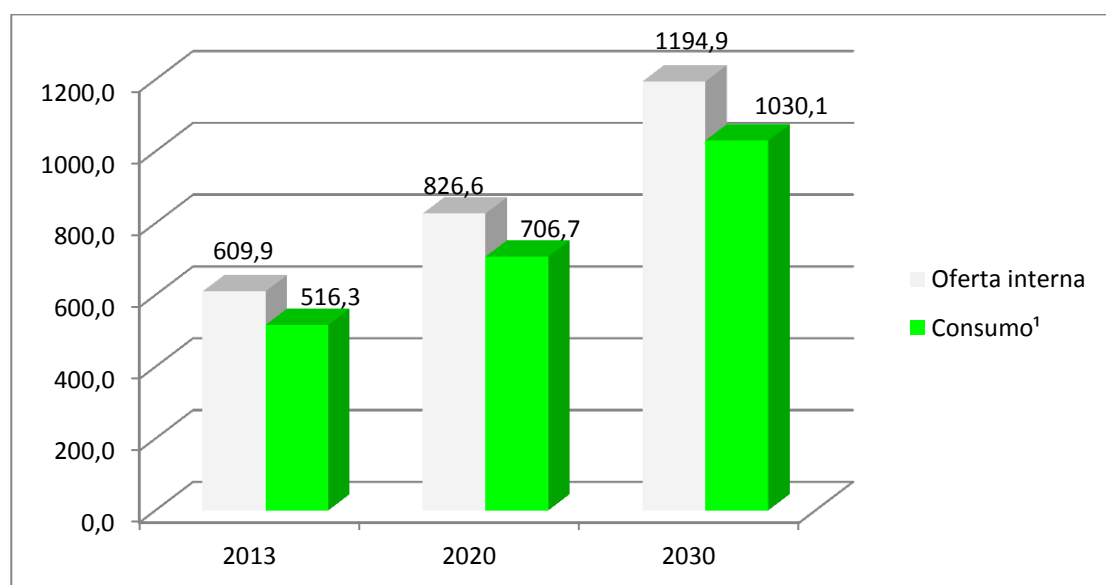


GRÁFICO 8: PROJEÇÃO DA OFERTA E DEMANDA DE ELETRICIDADE (TWh)

FONTE: PNE (2030).

Embora haja prioridade absoluta na expansão da oferta por meio das usinas hidrelétricas, a instalação de 120 mil MW e respectiva elevação para 80%, ainda assim o uso do potencial energético pode não ser suficiente para atender às demandas de energia nesse horizonte. Tal quadro sinaliza um esgotamento no longo prazo do potencial hidrelétrico nacional e para piorar surgem questões socioambientais que restringem o desenvolvimento do potencial hidrelétrico brasileiro. Diante deste cenário confirma-se a necessidade de incluir outras fontes

para compor a expansão da oferta do sistema elétrico, aproveitando a diversidade de características existentes, para garantir o abastecimento e atingir os custos e impactos ambientais mínimos, incluindo a possibilidade de incorporar, na demanda, de parcela viável de eficiência energética a ser implementada.

É nessas condições de contorno que se insere a avaliação do potencial de geração de energia a partir de recursos hídricos no horizonte até 2030. Segundo especialistas ouvidos pela Reuters, além do esperado aumento de fontes como eólica e solar, o país precisará após 2030 de reforço na base da matriz elétrica de fontes que gerem energia sem interrupções. As imagens do GRÁFICO 9 apresentam a evolução estatística na oferta interna da Matriz de Energia, sendo que em 1970 o principal recurso energético foi a lenha, em 2010 foi a energia hidráulica e em 2020 ainda será a energia hidráulica, sendo que estes energéticos destacados explicam, pelo menos, em torno de $\frac{3}{4}$ da Matriz Energética.

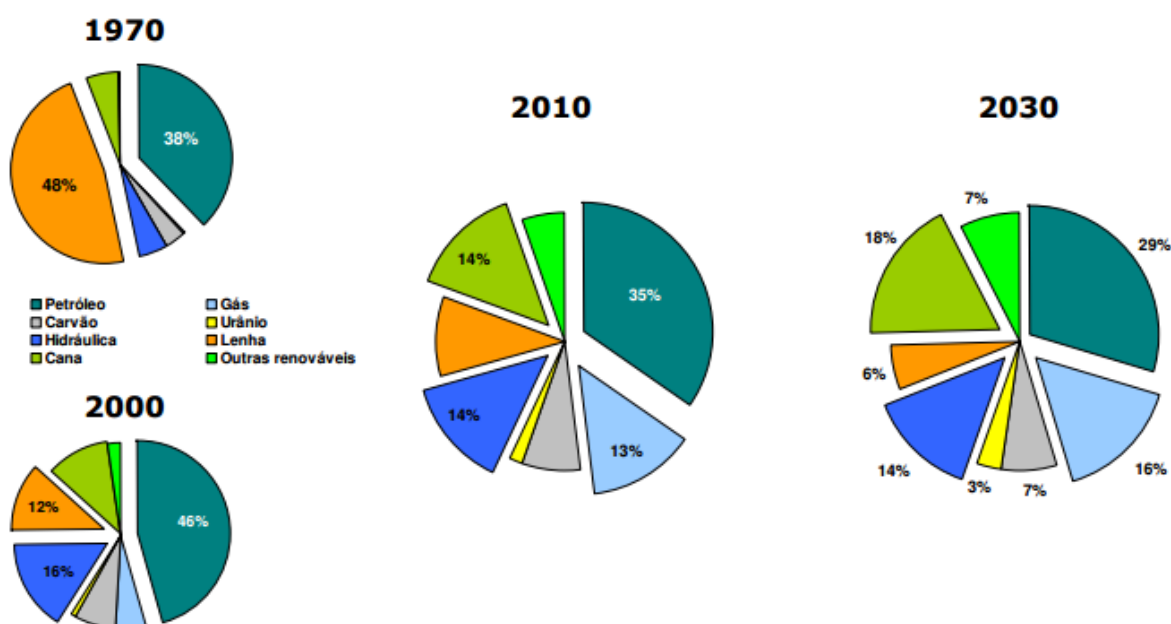


GRÁFICO 9: FONTES ALTERNATIVAS DA MATRIZ ENERGÉTICA (BRASIL 1970-2010-2030)
 FONTE: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL E ESTUDOS DO EPE (2014).

Segundo a TABELA 7, a projeção da oferta interna de energia (em milhares em TEP), entre 2005 e 2030, praticamente se multiplica, para as energias não renováveis. Para as energias renováveis praticamente se triplicam para o mesmo período.

TABELA 7: PROJEÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA (MILHARES EM TEP)

	2005	2010	2020	2030
ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	121.350	159.010	216.007	297.796
Petróleo e derivados	84553	97025	119136	155907
Gás natural	20526	37335	56693	86531
Carvão mineral e derivados	13721	20014	30202	38404
Uranio e derivados	2549	4635	9976	16944
ENERGIA RENOVÁVEL	97314	119999	182430	259347
Hidráulica e eletricidade	32379	37800	54551	75067
Lenha e carvão vegetal	28468	28151	28069	30693
Cana de açúcar e derivados	30147	39330	69475	103026
Outras fontes primárias renováveis	6320	14718	30335	50561
TOTAL	218663	279000	398437	557133

FONTE: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL EPE (2005).

O consumo total de energia elétrica, em 2030, é estimado em 1.083,4 TWh, o que significa uma expansão de 4,0% ao ano desde 2005. Note-se que a estratégia para atendimento dessa demanda contempla iniciativas na área de eficiência energética (adicionais a um progresso autônomo intrinsecamente considerado nas projeções), que “supririam” uma parcela, de cerca de 5%, dessa demanda. Assim, o requisito de produção seria de 1.030,1 TWh.

A TABELA 8 resume os principais indicadores relativos ao balanço da eletricidade. Do lado da oferta, destaca-se a redução das perdas totais, que se admite reduzidas, em 2030, para 13,8%. A energia hidráulica segue mantendo a liderança entre as fontes de produção, porém, sua participação cai da elevada proporção atual (mais de 90% em 2005) para pouco mais de 70% (considerando que grande parte da importação é de origem hidrelétrica: Itaipu e outras binacionais). Em contrapartida, a geração térmica convencional (nuclear, gás natural e carvão mineral) expande sua participação de 7% para cerca de 15%. As fontes renováveis (e não convencionais) não-hidráulica (biomassa da cana, centrais eólicas e resíduos urbanos) experimentam crescimento expressivo, respondendo por mais de 4% da oferta interna de eletricidade. Todas as formas de geração térmica expandem-se mais de cinco vezes no período, aumentando o nível de emissões de gases na geração de energia elétrica. Essa é uma consequência natural de eventuais restrições que possam ocorrer ao desenvolvimento do potencial hidrelétrico brasileiro, não obstante a expansão que se possa admitir no parque gerador a partir de outras fontes renováveis.

TABELA 8: ELETRICIDADE (INDICADORES SELECIONADOS (TWh))

ELETRICIDADE (INDICADORES SELECIONADOS (TWh))				
	2005	2010	2020	2030
BALANÇO GERAL				
Oferta interna	441,9	572,10	826,6	1.194,90
Produção	402,9	533,4	782,5	1.151,0
Importação líquida	39,0	38,7	43,9	43,9
Consumo total	375,2	486,2	706,6	1.030,1
Perdas (%)	15,1	15,0	14,5	13,8
PRODUÇÃO¹				
Centrais de serviço público	363,1	496,0	719,3	1.055,8
Hidráulica	325,1	395,0	585,7	817,6
Nuclear	9,9	15,0	30,5	51,6
Carvão mineral	6,1	13,0	15,6	31,4
Gás natural	13,9	58,4	61,5	92,1
Biomassa da cana	0	1,1	14,6	33,5
Centrais eólicas	0,9	3,6	5,0	10,3
Resíduos urbanos	0	0	1,0	6,8
Outras fontes	7,2	9,9	5,4	12,5
Autoprodução	39,8	37,4	63,2	95,2
CONSUMO²				
Programa de conservação ³	0	0	-12,2	-53,3
Setor energético	13,5	17,6	25,8	39,0
Residencial	83,2	105,3	169,1	283,3
Industrial	175,4	237,0	338,3	455,5
Comercial e público	86,2	107,3	159,6	267,3
Outros ⁴	16,9	19,0	26,1	38,3

LEGENDA:

¹ A partir de 2010 a autoprodução transportada: geração hidrelétrica despachada centralizada está incluída na produção das centrais elétricas de serviço público

² A projeção do consumo inclui o progresso autônomo da conservação de energia elétrica

³ Programa de conservação induzido

⁴ Inclui transportes e agropecuária

FONTE: PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2030 (2007, p. 46).

Estudos desenvolvidos para o PNE 2030 podem ser estruturados em quatro grandes grupos, a saber: Módulo macroeconômico, que compreendeu a formulação de cenários de longo prazo para as economias mundial e nacional; Módulo de demanda, que compreendeu o estabelecimento de premissas setoriais, demográficas e de conservação de energia resultando nas projeções do consumo final de energia; Módulo de oferta, que compreendeu, principalmente, o estudo dos recursos energéticos, envolvendo aspectos relacionados à tecnologia, aos preços, ao meio ambiente, à avaliação econômica da competitividade das fontes e dos impactos da regulação, permitindo a formulação de alternativas para a expansão da oferta frente a uma evolução esperada da demanda; integração dos estudos de oferta e de demanda, inclusive a reavaliação das projeções iniciais de consumo dos energéticos, vis-à-vis aspectos de natureza política, estratégica, institucional e de

segurança energética que culminaram com projeções finais de consumo e oferta interna da energia.

TABELA 9: RESERVAS PROVADAS E POTENCIAL HIDRÁULICO

REGIÃO	PETRÓLEO	GÁS NATURAL	POTENCIAL HIDRÁULICO TOTAL	REGIÃO
TOTAL	%	%	%	%
Norte	0,7	11,6	40,4	Norte
Nordeste	6,5	10,4	8,9	Nordeste
Sudeste	92,6	77,8	17,7	Sudeste
Sul	0,1	0,2	16,8	Sul
Centro-Oeste	-	-	16,1	Centro-Oeste

FONTE: TOLMASQUIM et al. (2011).

Segundo a TABELA 9 e GRÁFICO 10, das reservas já provadas a região Sudeste chega à frente no *ranking*, com o petróleo e gás natural, com 93% e 78%, respectivamente, porém, em relação ao potencial hidráulico a região Norte fica com o domínio (40%).

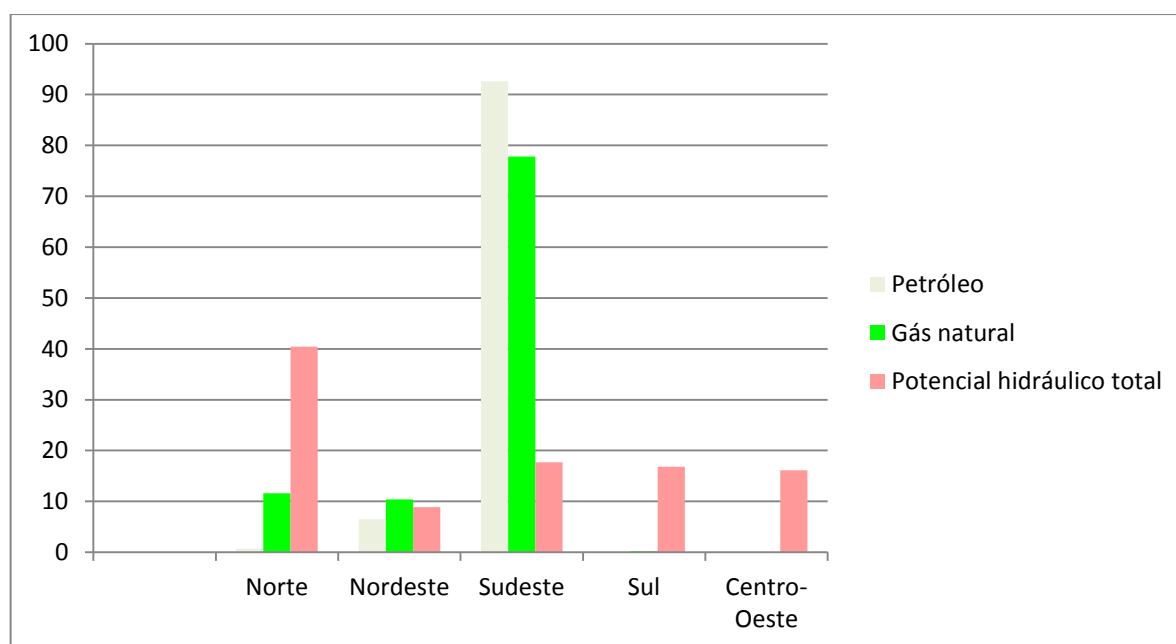


GRÁFICO 10: POTENCIAL HIDRÁULICO POR REGIÃO

FONTE: TOLMASQUIM et al. (2011).

2.7 ESGOTAMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO DA IMPLANTAÇÃO DAS ÚLTIMAS HIDRELÉTRICAS

No Brasil, segundo Tolmasquim et al. (2011), o crescimento e expansão na geração de energia elétrica, frente à oposição de grupos contrário a aprovação e execução dos projetos no setor da energia impacta pela extrema demora em liberar licenças ambientais, impactando o desenvolvimento do setor. No planejamento de longo prazo o complexo do Rio Tapajós (PA) fica em último lugar na linhagem dos megaempreendimentos como a usina de Itaipu (14 mil MW), inaugurada em 1982 e de Tucuruí (8,3 mil MW), em 1984.

As usinas do Tapajós devem seguir o modelo dos megaprojetos, mas sem reservatórios à regularização, chamadas usinas "fio d'água", gerando carga suficiente em época de cheias, porém, se reduzem aos níveis baixíssimos em períodos de seca, em vista da não estocarem água. Como ocorre com os projetos Belo Monte (11,2 mil MW de potência), e em duas hidrelétricas situadas no Rio Madeira, Santo Antônio (3,5 mil MW) e Jirau (3,7 mil MW).

O governo federal pretende viabilizar a construção de duas grandes usinas, no Rio Tapajós: de São Luiz do Tapajós (6,1 mil MW), para começar a operar em 2019 e a de Jatobá, com 2,3 mil MW, para operar em 2020. Ambas devem demandar investimentos de 18 bilhões de reais. E, depois, o Plano Decenal da EPE aponta para projetos de usinas no Rio Juruena (entre Mato Grosso e Amazonas): de Salto Augusto Baixo (1,4 mil MW) e São Simão Alto (3,5 mil MW).

Outros cinco aproveitamentos no Rio Tapajós podem ser considerados no futuro, mas ainda não constam no planejamento do governo. E, depois dos projetos não há novos potenciais hidrelétricos a serem aproveitados no Brasil. E, além da escassez nos locais da construção das grandes represas, outras regiões com potencial para aproveitamento não são consideradas frente às restrições ambientais. Entre os últimos grandes aproveitamentos hidrelétricos disponíveis à exploração ficam na região Norte do país, conforme afirma o Secretário do Ministério das Minas e Energia, Altino Ventura, quando comenta que foram deixados para o futuro, por estarem distantes dos principais centros de consumo. E relata o Secretário: "esse futuro chegou. O Complexo do Tapajós é a última fronteira brasileira das hidrelétricas de maior porte [...]". Segundo Ventura, no Rio Xingu a hidrelétrica Belo Monte é o único aproveitamento. Embora tecnicamente possível construir novas

usinas no local não deverá ocorrer por questões ambientais. Na região do Alto Tapajós (PA) não serão construídas novas usinas por haver comunidades indígenas e parques nacionais tombados.

Nesse contexto, segundo informações fornecidas pela Associação Brasileira de Fomento às Pequenas Centrais Hidroelétricas (ABRAPCH), Altino comenta que além das usinas já planejadas pelo governo federal na última década, ainda existem outras de menor porte que entrarão em operação, em vista de que se dispõem dos 10GW oriundos das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em projetos que poderão ser desenvolvidos, neste caso, referindo-se a quase usina que se encontra instalada em Belo Monte, no Estado do Pará. Notoriamente, que o aproveitamento do Rio Madeira, em paralelo com a Bolívia, além de outros rios localizados no Peru representam opções para aproveitamento energético, conjuntamente com países vizinhos, no longo prazo.

2.8 REESTRUTURAÇÃO DA MATRIZ

O Brasil tem como padrão a produção de hidroeleticidade na matriz energética, utilizando-se dos recursos hídricos. No entanto, esse setor elétrico está passando por momentos inusitados em sua história, em vista de que as despesas extraordinárias acumuladas desde 2012 somam 60% na receita anual, frente à mobilização excepcional das usinas termelétricas e da significativa exposição das concessionárias no mercado de curto prazo, a preços elevados. Esses custos serão arcados pelos consumidores ou pelos contribuintes, ou ambos. O endividamento dessas empresas e a elevação dos níveis tarifários prejudicarão seu desempenho, bem como a competitividade de vários setores industriais.

O principal impacto econômico poderá ser sentido no bolso dos consumidores ocasionado pelo aumento da tarifa de energia, seja pelo consumo próprio ou pelo aumento de preço dos produtos que passam por algum processo de produção que utilizem como insumo a energia. Essa elevação decorre do custo que a indústria energética repassa na tarifa para produzir energia, sempre que o nível dos reservatórios atinge um estado crítico ocorre o acionamento das usinas térmicas e a gás, com uma energia mais cara e mais poluente.

O planejamento da expansão na oferta de energia elétrica no Brasil prioriza a exploração do potencial hidrelétrico disponível nas bacias hidrográficas das regiões Sudeste, Sul e Nordeste, onde a infraestrutura para seu aproveitamento era de fácil acesso. Porém, o potencial remanescente, além de se situar em bacias hidrográficas mais distantes dos grandes centros de consumo está, em grande parte, localizado na região Norte, apresentando pouca declividade, com rios similares às planícies, tornando-se difícil planejar e construir reservatórios de regularização plurianual de porte, nos rios da região Norte pela inexistência de locais adequados sem implicar em áreas inundadas excessivas, com profundidades médias reduzidas.

Considerando que cerca de 40% do potencial hidrelétrico nacional encontra-se na Região Norte/ Amazônica, e que a grande parcela não foi ainda aproveitada, o prosseguimento do programa hidrelétrico no Brasil passa pela construção de usinas nos rios da Região Norte, como está ocorrendo com os empreendimentos dos rios Madeira, Xingu e, futuramente, o baixo Tapajós. Estas usinas estão distantes dos principais centros de carga do País, o que exige sistemas de transmissão de longa distância, da ordem de 2.500 km. A alternativa geração/transmissão das usinas da Amazônia é competitiva com outras opções de geração próximas dos centros de carga/consumo do Sistema Interligado Nacional.

Uma vantagem adicional das hidrelétricas, em contraposição aos empreendimentos termoeletricos refere-se ao período de operação e funcionamento da usina ser superior aos 30 anos adotados nas avaliações econômicas. No longo prazo, uma usina hidrelétrica estará totalmente amortizada e terá exclusivamente custos de operação/manutenção, cerca de 15% a 20% (dependendo da usina) do custo total da energia produzida, quando se consideram os montantes totais de investimento e operação/ manutenção. Assim, no longo prazo e considerando um cenário de chuvas regulares, o custo da energia produzida pelo parque hidrelétrico será decrescente, atingindo patamares bem inferiores aos das demais fontes energéticas. Isto já está ocorrendo no Brasil com as usinas hidrelétricas parcialmente ou totalmente amortizadas, conforme a legislação referente às usinas com final dos contratos de concessão entre 2015-2017 (Medida Provisória 579, transformada em Lei n. 873, em 14/01/2013). No mais longo prazo, o parque gerador hidrelétrico nacional terá exclusivamente custos de operação e manutenção, o que dará ao Brasil uma grande vantagem comparativa com os demais países do mundo,

na medida em que se poderá dispor de um suprimento de energia elétrica com custos bastante competitivos (GRÁFICO 11).

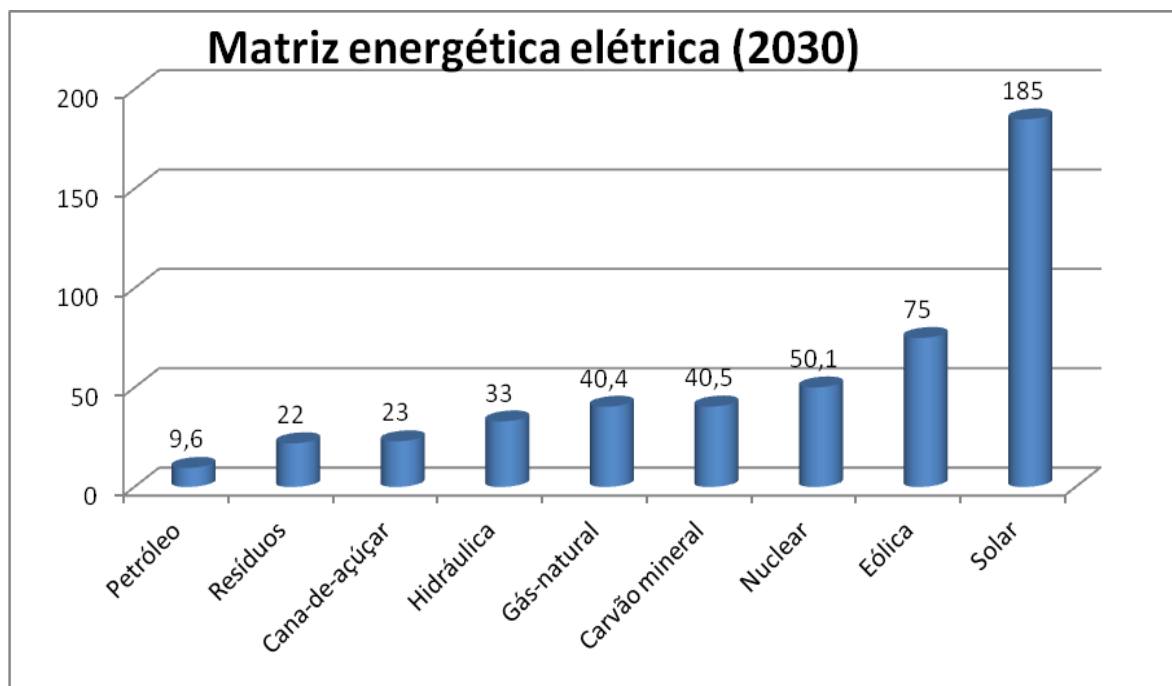


GRÁFICO 11: CUSTOS POR MATRIZ
FONTE: EPE (2010).

Essa vantagem, porém, está vinculada a um cenário hidrológico favorável, diferente do que foi vivenciado no ano de 2014, onde a estiagem predominou durante vários dias e a demanda por energia aumentou, principalmente devido ao aumento da temperatura.

A TABELA 10 mostra como se mantém a elevação da participação das energias renováveis no Brasil.

TABELA 10: MANUTENÇÃO DA ELEVADA PARTICIPAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

MANUTENÇÃO DA ELEVADA PARTICIPAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS			
	UNIDADE	2005	2030
Produção de eletricidade¹	TWh	441,9	1.197,60
Geração hidrelétrica (centrais de serviço público) ²	TWh	335,7	817,6
Geração a gás natural	TWh	13,9	92,1
Centrais nucleares	TWh	9,9	51,6
Centrais eólicas	TWh	0,9	10,3
Cogeração biomassa da cana	TWh	0	33,5
Consumo de eletricidade³	TWh	375,2	1032,7³
Consumo residencial	TWh	83,2	283,3
Consumo industrial	TWh	175,4	455,5
Oferta interna de energia	Mil tep	218.663	555.833
Energia renovável	Mil tep	97.314	248.507
Energia não-renovável	Mil tep	121.350	307.326

Demanda de energia per capita	tep/hab	1,187	2,326
Consumo de eletricidade per capita residencial	KWh/hab	452	1188

LEGENDA:¹Inclui a importação;²Inclui a autoprodução transportada: geração hidrelétrica de autoprodutores despachada de forma centralizada;³Considera a redução de 53,3 TWh como resultado acumulado de programas específicos de conservação de energia

FONTE: EPE (2010).

Segundo o GRÁFICO 12, em 2005 as energias renováveis ficaram em torno de 44,5%, em 2010 em torno de 43%, já para 2020 a previsão é 44,2% e em 2030 de 44,7%.

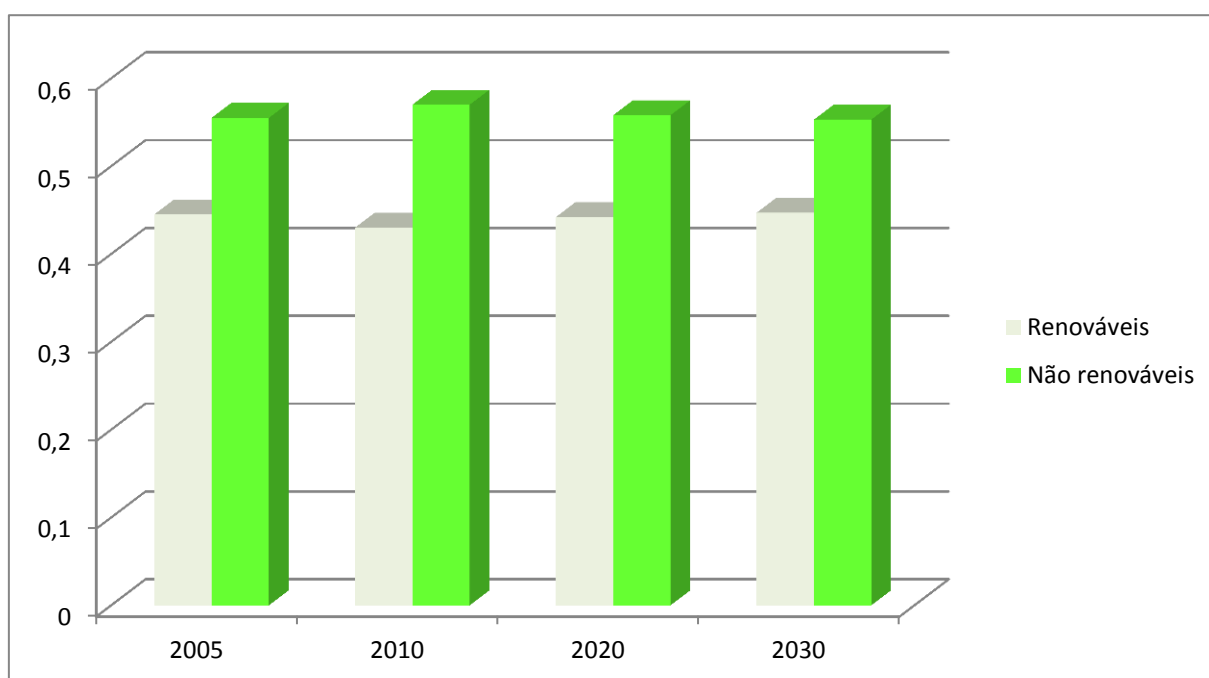


GRÁFICO 12: MANUTENÇÃO DA ELEVADA PARTICIPAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS
FONTE: EPE/PNE (2010).

3 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

Conforme aponta a Plataforma Reuters de Notícias (2014, *online*), no Brasil, o governo federal descarta a problemática estrutural da matriz energética, porém, considera a possibilidade do ingresso de projetos térmicos novos. Tolmasquim et al. (2011), presidente da EPE informa que de 38 mil *megawatts* (MW) contratados nos leilões até 2018 cerca de 7,5 mil será das usinas termelétricas geradas à gás natural ou à carvão. Neste sentido, a urgência de incluir energias térmicas na matriz deve-

se ao fato que além do grande número de usinas eólicas que integram o conglomerado elétrico no país, as hidrelétricas atualmente viabilizadas ainda não dispõem de reservatórios à acumulação d'água. Assim, o país necessita de usinas com capacidade para gerar energia desde a base, sem que haja interrupção.

Um dos planejamentos sistemáticos (de longo prazo) para os investimentos aplicados no setor de energia apresenta como principal característica o modelo novo do setor elétrico brasileiro, implantado pela ministra das Minas e Energia, Dilma Rousseff, quando em 2014 completa exatamente uma década.

Curiosamente, dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apontaram importantes projeções sobre o consumo de energia no Brasil, para 2050, quando este deverá atingir em torno de 605 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP), representando uma elevação na ordem de 126.6%, comparativamente aos 267 milhões TEPs atualmente consignados. Assim, o consumo da eletricidade deve atingir aos 1.624 *terawatts*-hora, em 2050, em torno de 216,6% mais que o atualmente consumido (513TWh). O Documento fornecido pela EPE aponta que o aumento do consumo de energia elétrica no Brasil, para 2005, será 3,2%, na média, até 2050, ao passo que a elevação consumo total de energia será 2,2%/ano. A EPE prevê que o padrão de consumo da eletricidade no Brasil chegará a 7 mil KWh/habitante/ano, em 2050, próximo ao nível consumido na União Europeia atualmente.

O Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) é responsável por elaborar estratégias de ação e definir as intervenções a serem realizadas no manejo dos recursos hídricos no Brasil, administrando as barragens, os sistemas adutores, os canais e os eixos de integração, necessários para garantir a oferta permanente de água para abastecimento humano e aplicação em atividades produtivas, reduzindo assim riscos associados aos problemas críticos que ainda existem, tais como em caso de secas ou cheias.

Em pleno Século XXI o Brasil desenvolve tecnologias para gerar energia elétrica mediante a utilização das ondas do mar. E, dispondo de 8.000 km de costa, calcula-se um potencial aproximado de 114 *gigawatts*, representando praticamente a capacidade total instalada de energia elétrica no Brasil, atualmente, podendo tornar-se líder global no setor de geração de energia marítima, mediante a utilização, inclusive, do movimento das marés. Sendo assim, o setor deve apresentar um padrão tecnológico definido até 2020, economicamente viável até 2025. No Brasil

existem seis tecnologias geradoras de energia marítima. Mundialmente, essa tecnologia está centralizada no Reino Unido, em vista de ser o país mais avançado, dispõe de um Centro de Pesquisas à geração de energia marítima. Entre outros Estados que dispõem da tecnologia geradora de energia marítima são: Estados Unidos, Dinamarca, Portugal, China, Noruega, Canadá e Austrália.

No Brasil o Projeto mais moderno aplicado ao setor está no Estado do Rio de Janeiro, cuja unidade encontra-se situada à cem metros da Ilha Rasa e a uma distância de dez quilômetros da praia do Ipanema, que passará a funcionar a partir de setembro de 2015, tendo custado R\$ 8 milhões, em parceria com a empresa Furnas e a *Seahorse Wave Energy*.

O protótipo do Projeto de energia marítima dispõe de um pistão fixado no fundo do mar, dispondo de dois flutuadores que se movimentam na sua vertical mediante o movimento gerado pelas ondas, permitindo gerar energia, sendo transportada via cabo à ilha. Neste sentido, estima-se a geração de 50kw, suficiente para abastecer o farol e algumas das casas instaladas na ilhota.

Segundo o Secretário Altino Ventura de Energia do Ministério de Minas e Energia, o Brasil ainda desempenha parca participação nos investimentos mundiais totais em termos de energia marítima, muito provavelmente integrará o plano decenal 2013-2023. Informa que serão acrescentados 77 mil *megawatts* em 127 mil já existentes e a projeção da produção do etanol para 2023 são de aproximadamente 5,5%/ano e do biodiesel de 6,4%. Embora as fontes renováveis ainda são majoritárias na matriz energética, no Brasil, correspondendo a 79,3% da eletricidade consumida (dos quais 70,6% de origem hidráulica), o percentual foi maior em anos recentes. Em 2011 era 88,9%.

Num contexto mundial, em que uma prioridade estratégica visando ao desenvolvimento sustentável e ao longo prazo é priorizar o uso de energias renováveis, o Brasil caminha no sentido oposto, no que tange à composição de sua matriz [...].

Para Belinky, integrante do Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGV), o volume de hidrelétricas construídas em passado recente auxiliar na acomodação, decorrente da perda de oportunidades em relação ao etanol e aos biocombustíveis. Afirma que: “as hidrelétricas trazem uma tecnologia [...] dos [idos dos] Séculos XIX e XX. E, apesar desse tipo de energia não gerar o

efeito estufa, mas exerce impacto local significativo, tornando-se uma tecnologia de uso limitado e depende dos recursos dos grandes rios [...]”.

O Brasil, no Século XXI adquiriu privilégios no mercado energético, porém, na última década tal posição está se modificando. Nesse período, conta com as políticas públicas voltadas às novas energias que se emergem. O PROINFA impulsionou a implantação de 131 novas usinas, sendo 60 pequenas centrais hidrelétricas, 52 usinas eólicas e 19 usinas térmicas à biomassa e estavam previstas para gerar aproximadamente 11,1 GW/h/2014.

Com base no atual mercado de geração e fornecimento de energia elétrica, sem contar a energia solar fotovoltaica, nota-se que as fontes eólicas mantêm ritmo equilibrado na contratação anual, entre 2 GW e 2,5 GW. Por outro lado, o setor da biomassa apresenta dificuldades para viabilizar contratações diante de um custo médio elevado das usinas de cogeração (R\$ 150/MWh contra R\$ 130/MWh da fonte eólica) e priorização inferior do governo. Existe um potencial de geração de energia do bagaço da cana de açúcar, proporcional à evolução da safra e produção do etanol.

3.1 HIDRO

Conforme a Câmara de Comercialização da Energia Elétrica (2014), em se tratando das fontes hídricas diz-se que o fluxo de águas é o combustível necessário para gerar eletricidade. Nesse sentido, o aproveitamento da queda d'água de rios é estudado para verificar o melhor local para se construir uma usina hidroelétrica, considerando a engenharia do projeto, os reais impactos ambientais, sociais e econômicos da região, de igual forma é fundamental analisar a viabilidade econômica do empreendimento.

Pois as obras de uma usina hidrelétrica incluem o desvio do curso do rio e a formação de reservatórios específicos para formar o volume necessário. Assim, a água do rio irá movimentar as turbinas que estarão ligadas aos geradores, possibilitando assim a conversão da energia mecânica em energia elétrica, ressaltando-se que a água, seja do mar ou rios ainda é o recurso natural mais abundante que existe no planeta. Todavia, estima-se que no Brasil o potencial

hidráulico seja na ordem de 260 GW, segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil, da ANEEL (2008) - (CCEE, 2010).

3.2 EÓLICA

Segundo a Câmara de Comercialização da Energia Elétrica (2014), para melhor conhecer o que vem a ser a energia eólica é correto afirmar que esse produto é conhecido como energia cinética, contida em massas de ar que se movimentam, conhecido como vento, cujo aproveitamento ocorre pela conversão da energia cinética de translação, em energia cinética de rotação mediante a instalação de turbinas eólicas (aerogeradores) que irão gerar eletricidade ou ainda os denominados cata-ventos que podem ser considerados centrais de processamento do produto bruto (acoplados aos moinhos), os quais realizam o trabalho mecânico mediante o bombeamento d'água.

A geração de energia eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do cata-vento que, ao girar originam a energia mecânica, a qual acionará o rotor do aerogerador e produzirá a eletricidade. Recentemente, uma tecnologia exclusivamente voltada à melhoria dos sistemas de transmissão, da aerodinâmica e às estratégias de controle e operação das turbinas têm reduzido significativamente os custos e melhorado o desempenho e confiabilidade dos equipamentos, os quais são muito modernos e precisos.

Atualmente, o Brasil é um país favorecido por correntes de vento, duas vezes superior à média mundial à volatilidade calculada em 5%, fornecendo previsibilidade ao volume de matéria-prima produzida. Assim sendo, ressalta-se ainda que a velocidade em períodos de estiagem seja maior, tornando possível operacionalizar as usinas eólicas em um sistema complementar com as usinas hidrelétricas permitindo preservar a água de reservatórios em períodos de chuvas escassas.

Conforme o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2010), elaborado pela Eletrobrás, aponta para um potencial de geração de energia eólica (energia provinda dos ventos) de 143,5 mil MW no Brasil, volume superior à potência instalada total no país nesse mesmo ano. As regiões com maior potencial medido são Nordeste, Sudeste e Sul (CCEE, 2013).

Um artigo publicado no Jornal Folha de São Paulo, de autoria de Gillis (2014), em 23 de setembro de 2014 afirma que são poucos os países desenvolvidos que se empenham mais do que a Alemanha para descobrir soluções eficazes para fazer frente com o aquecimento global, cujas soluções surgem no alto mar do Norte, quando situadas há 95 quilômetros do Continente, turbinas eólicas instaladas em alto mar, comparativamente à altura de edifícios de 60 andares e preço unitário de US\$ 30 milhões (R\$ 70,5 milhões) trabalham para produzir energia sustentável incessantemente (FIGURA 4).



FIGURA 4: TURBINAS EÓLICAS INSTALADAS EM ALTO MAR
FONTE: SIEMENS (2014).

Os alemães esperavam que até final de 2014 grande número de turbinas geradoras de energia enviasse energia elétrica com baixa emissão de poluentes à Alemanha, em algumas das cidades situadas a centenas de quilômetros, um programa que integra ambiciosa tentativa de refazer o sistema de energia elétrica, esperando que 30% da energia consumida no país provenham das fontes eólicas. E,

em breve, espera-se que seja superado o dobro da produção, comparativamente aos Estados Unidos. Em Washington, estabeleceram-se metas para obter entre 20-30% da energia renovável até 2020. Inusitadamente, a Alemanha é exemplo de que é possível transformar o sistema global de energia em um sistema absolutamente sustentável no planeta (GILLIS, 2014)⁶.

O London Array é o maior parque eólico em alto mar do mundo, fica próximo da costa de Essex e Kent, inaugurado em 2013, ocupa 100 km² de área. Com suas 175 turbinas [...] tem capacidade para produzir *energiaburberry outlet london* suficiente para abastecer quase meio milhão de casas em um ano. Cada turbina fica de 650-1.200 metros de distância e atinge 147 metros de altura [...] são conectadas por cabos enterrados no fundo do mar (SIEMENS, 2014).

No total, a Alemanha gastou mais de US\$ 140 bilhões (R\$ 329 bilhões) no programa de energia eólica para quem desejasse instalar painéis solares, turbinas eólicas, usinas à base de biogás e outras fontes renováveis de energia no país. O plano é financiado com a cobrança de sobretaxas nas contas de energia elétrica, que geralmente atingem cerca de US\$ 280 (R\$ 658,00 anuais) para uma família alemã típica.

Segundo Hal Harvey, diretor do Centro de Pesquisa de Energia de São Francisco, nos Estados Unidos, o Programa está gerando enormes economias de energia no país mediante a venda global para outros países e dobrou a cada 21 meses na década anterior, com queda de preços de 20% para cada período. Ora, pois: “os alemães não estão comparando energia e sim [produzindo] quedas de preço [...]” - (GILLIS, 2014).

3.3 BIOMASSA

Segundo a Câmara de Comercialização da Energia Elétrica (2014), a biomassa é a massa total oriunda dos organismos vivos localizados em determinada

⁶ Segundo a Siemens (2014), países como China, Estados Unidos e Alemanha lideram na lista dos que investem em força eólica. Nos Estados Unidos a capacidade de geração dessa energia originária dos ventos quadruplicou nos últimos 5 anos. Em 2012 evitou a emissão de 84.7 milhões de t de CO₂. O país que tem a maior participação na modalidade entre as diversas fontes de energia está na Península Ibérica, responsável pelo resultado ótimo é a Espanha, neste país a energia eólica é fonte primária de eletricidade, pela primeira vez na história. De acordo com a operadora de energia Red Eléctrica de España (REE), a geração espanhola aumentou 13.2% em 2013, produzindo eletricidade suficiente para alimentar 15.5 milhões de lares. O Relatório da REE aponta que os parques eólicos espanhóis atingiram 21,1% da demanda total de eletricidade do país, pouco mais que a **energia nuclear**, carvão, grandes hidrelétricas, solar fotovoltaica e solar térmica.

área, constituindo importante matéria-prima à reserva de energia, formada essencialmente pelos hidratos de carbono. E, do ponto de vista energético, para fins de outorga dos empreendimentos do setor elétrico, tem-se por biomassa todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (origem animal ou vegetal) utilizada na produção de energia. No Brasil, a imensidão das regiões tropicais e chuvosas oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala, com grande potencial no setor de geração de energia elétrica. Contudo, nas demais regiões a produção da madeira (na forma de lenha, carvão vegetal ou toras) ainda é fonte geradora de enorme quantidade de resíduos que podem ser igualmente aproveitados à geração de energia elétrica para o país, porém, dentre os recursos de maior potencial para gerar energia elétrica o bagaço da cana-de-açúcar ainda é mais representativo.

No entanto, segundo a mesma Câmara (2014), para cada tonelada de cana-de-açúcar processada requer-se 12 kWh de energia elétrica gerada e que será consumida, mas que pode ser gerada pelo resíduo da matéria-prima. Todavia, os custos para gerar energia são competitivos quando utilizado o sistema convencional de suprimento, possibilitando promover a autossuficiência no setor quando o assunto é suprimento energético, por meio da co-geração (CCEE, 2013).

3.4 NUCLEAR

Segundo a Câmara de Comercialização de Energia (2014), em fins da década de 60 o Brasil passou a desenvolver a energia termonuclear e, a partir do conhecimento da tecnologia necessário para esse fim também adquiriu vasta experiência, prosseguindo no futuro. Naquela época cogitava-se complementar a energia térmica para suprir a defasagem de eletricidade que havia no Estado do Rio de Janeiro, decidindo que essa complementação ocorresse com construção de usina nuclear (Angra I), em Angra dos Reis, no mesmo Estado, Brasil. Assim sendo, a usina de Angra I (657MW) teve início em 1972. No entanto, a primeira reação nuclear em cadeia ocorreu em março de 1982, entrando em operação comercial em janeiro de 1985, mas logo interrompeu as atividades retornando em abril de 1987, de modo intermitente, até dezembro de 1990 (operou com 600MW médios por 14 dias).

Entre o período de 1991-1994 as interrupções foram menos frequentes e a partir de 1995 passou a executar operação regular.

Por outro lado, a construção da usina nuclear Angra II (1.350MW) teve início em 1976, cuja previsão inicial de operação foi o ano de 1983, mas devido à falta de recursos permaneceu paralisada sua construção por diversos anos, cuja operação do reator ocorreu em julho do ano 2000, com uma carga de 200-300MW. E, entre 20 de agosto a 3 de setembro de 2000 a usina funcionou com 915MW medianamente, desde então operou intermitentemente até 9 de novembro quando passa a funcionar a uma potência aproximada de 1350MW médios (CCEE, 2014).

Conforme a mesma Câmara de Comercialização de Energia (2014), a energia nuclear ou energia núcleo-elétrica produzida provém da fissão do urânio em um reator nuclear, embora complexa, o princípio de funcionamento da usina nuclear assemelha-se ao da usina termelétrica convencional, onde o calor é gerado pela queima do combustível o qual produzirá vapor pelo acionamento de uma turbina acoplada ao gerador de corrente elétrica.

A usina nuclear produz calor pela fissão do urânio no reator, cujo sistema empregado é constituído por três circuitos (primário, secundário e refrigeração), sendo que no primeiro a água é aquecida à temperatura de 320°C e, sob pressão de 157 atmosferas. Em seguida, a água passa por tubulações e segue para o gerador de vapor, onde lá se vaporiza a água do circuito secundário, sem contato físico entre os circuitos e o vapor gerado aciona a turbina que movimentará o gerador, produzindo a corrente elétrica.

3.5 CARVÃO MINERAL

De acordo com a Câmara de Comercialização de Energia (2014), no Brasil, o aproveitamento do carvão mineral destinado a geração de energia elétrica teve início em 1950. Já na época foi dado início em estudos sobre o assunto, em seguida determinada a construção da usina termelétrica do município de Charqueada, no Rio Grande do Sul, com 72MW da potência instalada, do município de Capivari, em Santa Catarina, com 100MW e do município de Figueira, no Estado do Paraná, com 20MW da capacidade instalada (CCEE, 2010).

Ressalta-se que o carvão é um produto fóssil e decorre de variada mistura de componentes orgânicos sólidos fossilizados durante milhões de anos e sua qualidade é determinada pelo conteúdo de carbono, divergindo de acordo com o tipo e estágio dos componentes agregados. Segundo esta mesma Câmara, os depósitos de carbono variam desde camadas relativamente simples, próximas à superfície do solo com fácil e baixo custo para extração, às superfícies mais profundas e extração mais complexa, com custos bem mais elevados. Na questão da participação na matriz energética mundial nota-se que o carvão torna-se responsável por 8% do consumo energético mundial e 39% da energia elétrica total gerada. E, para assegurar a preservação do carvão na matriz energética mundial, em vista das metas ambientais propostas, pesquisas voltadas à tecnologia de remoção de impurezas e combustão do carvão são desenvolvidas constantemente no sentido de aprimorar enquanto fonte de suprimento de energia necessária à humanidade.

3.6 GÁS

Na geração termelétrica, a eletricidade é produzida a partir da queima de combustíveis, sendo o gás natural um dos mais utilizados no Brasil. O vapor produzido na queima do gás é utilizado para movimentar as turbinas ligadas a geradores.

O gás natural tem elevado poder calorífico e, em sua queima, apresenta baixos índices de emissão de poluentes, em comparação a outros combustíveis fósseis. Em caso de vazamentos, tem rápida dispersão, com baixos índices de odor e de contaminantes. O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, originados da decomposição de matéria orgânica fossilizada ao longo de milhões de anos.

O desenvolvimento deste tipo de geração é relativamente recente – tem início na década de 1940. O uso dessa tecnologia foi ampliado somente na última década do século passado. Atualmente, entre as maiores turbinas a gás chegam a 330MW de potência, cujos rendimentos térmicos atingem 42%. Entre as vantagens adicionais da geração termelétrica a gás natural estão o prazo relativamente curto de maturação do empreendimento e a flexibilidade para o atendimento de cargas de ponta (CCEE, 2013).

3.7 PETRÓLEO

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos que tem origem na decomposição de matéria orgânica, principalmente o plâncton (plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas), causada pela ação de bactérias em meios com baixo teor de oxigênio. Ao longo de milhões de anos, essa decomposição foi se acumulando no fundo dos oceanos, mares e lagos e, pressionada pelos movimentos da crosta terrestre, transformou-se numa substância oleosa. Essa substância é encontrada em bacias sedimentares específicas, formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários.

Durante muitas décadas, o petróleo foi o grande propulsor da economia mundial, chegando a representar, no início dos anos 70, quase 50% do consumo de energia primária em todo o mundo. Embora declinante ao longo do tempo, sua participação nesse consumo ainda representa cerca de 43%, segundo dados da Agência Internacional de Energia, de 2003.

O petróleo é o principal responsável pela geração de energia elétrica em diversos países do mundo. Apesar da expansão recente da hidroeletricidade e da diversificação das fontes de geração de energia elétrica verificadas nas últimas décadas, o petróleo ainda é responsável por cerca de 8% de toda a eletricidade gerada no mundo.

No Brasil, historicamente, a geração de energia é predominantemente hidrelétrica e a geração de energia térmica apresenta desempenhado importante no atendimento da demanda de pico do sistema elétrico, principalmente, em termos de suprimento da energia elétrica para municípios e comunidades não atendidas pelo sistema interligado (CCEE, 2013).

3.8 FOTOVOLTÁICA (SOLAR)

A energia solar é aquela energia obtida pela luz do Sol que pode ser captada com painéis solares. A energia solar chega ao planeta nas formas térmica e luminosa. Sua irradiação na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo mundial de energia. Essa radiação, porém, não atinge de maneira uniforme toda a crosta terrestre. Depende da latitude, da estação do ano e

de condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar. Assim, a participação da energia solar é pouco expressiva na matriz energética mundial. Em 2007, a potência total instalada atingiu 7,8 mil MW. Isto corresponde a pouco mais da metade da capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW. A Alemanha é a maior produtora, com cerca da metade da potência total instalada. No geral, os projetos já implementados para produção de eletricidade a partir da energia solar ainda são pouco numerosos e destinados a abastecer localidades isoladas – embora, com os projetos de expansão da fonte, este quadro esteja aos poucos se alterando.

Tradicionalmente, o mais geral é o uso da energia solar para a obtenção de energia térmica. Esta aplicação destina-se a atender setores diversos, que vão da indústria, em processos que requerem temperaturas elevadas (por exemplo, secagem de grãos na agricultura) ao residencial, para aquecimento de água. Outra tendência é a utilização da energia solar para a obtenção conjunta de calor e eletricidade.

O Brasil é privilegiado em termos de radiação solar. O Nordeste brasileiro apresenta radiação comparável às melhores regiões do mundo nessa variável. O que, porém, não ocorre em localidades mais distantes da linha do Equador, como as regiões Sul e Sudeste (CCEE, 2013).

Eis que a queda na produção e fornecimento da energia renovável é um dos problemas em potencial para as empresas elétricas, pois lucram muito em certas horas do dia, em vista da maior demanda de energia, impondo preços elevados. Assim, a energia solar pode tornar-se prejudicial para empresas convencionais, pois reduz os preços no atacado durante períodos de pico. Contudo, embora tenha se expandido, a energia solar ainda equivale a menos de 1% da energia solar nos Estados Unidos (GILLIS, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo intitulado **ESGOTAMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO NO BRASIL: TENDÊNCIAS À REESTRUTURAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA** levou a concluir que no futuro não haverá mais novas hidrelétricas para construir, confirmando-se a hipótese sobre o esgotamento. Os aproveitamentos no Rio Tapajós, que tem potencial para construção de duas grandes usinas e outras cinco de menor porte, podem ser considerados no futuro, mas ainda não constam no planejamento do governo. E, depois desses projetos não há novos potenciais a serem aproveitados no Brasil, pois além da escassez nos locais da construção das grandes represas, outras regiões com potencial para aproveitamento não são consideradas frente às restrições ambientais.

Como tendência, possivelmente será necessário substituir tal fonte de energia por fontes térmicas, que são mais poluentes. Caso o gás natural não seja viável a energia nuclear pode ser a principal opção para o Brasil em tempos de mudança e difíceis, dispondo do urânio no mundo em sexto lugar no mundo. É uma fonte menos poluente, do ponto de vista da emissão de gases, porém, ainda se discute a destinação fornecida para os resíduos radioativos e o temor de acidentes que venham ocorrer, além do longo prazo à construção das usinas, que sempre são superiores a oito anos. Para os ambientalistas o planejamento energético deveria se focar no aumento da eficiência energética. As usinas eólicas e solares, embora haja tendência para aumentar progressivamente sua presença na matriz energética brasileira depende da qualidade e quantidade do vento e sol para funcionarem, ao passo que a usina hidrelétrica, dependente dos reservatórios hídricos e termoelétricas seriam mais previsíveis.

Diante do exposto acredita-se que usinas termelétricas a gás natural seria uma opção de primeira linha para substituir hidrelétricas como principal fonte de expansão de geração, mas dependem das reservas da camada pré-sal ou de gás não convencional para confirmarem o potencial energético, o que tenderia acontecer naturalmente. Finalizando, deve haver uma discussão transparente no Congresso Nacional sobre qual é a matriz elétrica ideal mais para o Brasil, evitando assim a forte oposição que atrasa os empreendimentos e a execução de projetos planejados, um compromisso de todos os órgãos envolvidos.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST)**. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Revisão 4 (após realização da AP 064/2011). Resolução Normativa nº 469/2011 de 01/02/2012 a 31/12/2014. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo8_Revisao_5.pdf>. Acesso em 14 out 2014.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional (PRODIST)**. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Revisão 5 (após realização da AP 093/2013). Resolução Normativa nº 602/2014 01/01/2015. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo8_Revisao_5.pdf>. Acesso em 14 out 2014.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Disponível em <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 13 mar 2014.

BRASIL Ministério de Minas e Energia, Eletrobrás. 1987. **Plano Nacional de Energia Elétrica 1987-2010 (PNEE, 2010)**. Eletrobrás, Rio de Janeiro.

_____. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. 2010. **Plano Decenal de Energia 2019 (PDE 2019)**. Brasília MME/EPE.

_____. **População (2010)**. Disponível em <https://www.google.com.br/search?q=popula%C3%A7%C3%A3o+brasileira&rlz=1C1RXDB_enBR547BR547&oq=popula%C3%A7%C3%A3o+brasileira&aqs=chrome..69i57j69i60l4j69i59.3836j0j7&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF-8>. Acesso em 11 out 2014.

_____. **Plano nacional de energia 2030**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME: EPE, 2007. Disponível em <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/pne_2030/PlanoNacionalDeEnergia2030.pdf>. Acesso em 29 out 2014.

_____. **Planejamento e desenvolvimento energético**. Matriz Energética Nacional 2030. 2014. Disponível http://www.mme.gov.br/spe/menu/matriz_energetica.html

_____. Programa de Aceleração do Crescimento. **PAC 2: relatório 5**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/pac/pac-2/>>. Acesso em 12 out 2014.

Balanço Energético Nacional (BEN). 2014. **Relatório síntese - ano-base**. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Rio de Janeiro/RJ. Maio de 2014.

BORBA, Rogério. **Qualidade de energia elétrica, descrição do problema e possíveis soluções**. Gestão Técnica de Concessionárias de Energia Elétrica. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Setor de Tecnologia (UFPR). Curitiba. 2001.

CÂNDIDO, Adalberto. **Fornecimento elétrico: uma conceituação didática orientada e qualidade técnica**. Universidade Federal de Itajubá. Engenharia Elétrica. Banco de Teses. CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 1997. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/resumo.html?idtese=199712032003013001P0>>. Acesso em: 22/04/2013.

Câmara de comercialização de energia. **Fonte**. Disponível em <http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_afLoop=466664263502770#%40%3F_afLoop%3D466664263502770%26_adf.ctrl-state%3D18u6i377td_17>. Acesso em 12 dez 2014.

DECKMANN, S. M.; POMILIO, J. A. **Curso avaliação da qualidade da energia elétrica**. 2014. Disponível em <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/files/qualidade/a2.pdf>>. Acesso em 6 out 2014.

Energia no Brasil e no mundo. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Disponível em: <www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap1.pdf>. Acesso em: 05/04/2013.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Sistema de informação do potencial hidrelétrico brasileiro (SIPOT)**. Rio de Janeiro, ABR/2003.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Resenha mensal do mercado de energia elétrica**. Junho de 2010. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20100623_1.pdf>. Acesso em 12 out 2014.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Relatório síntese | ano base 2013**. Balanço Energético Nacional. 2014. Rio de Janeiro, RJ. Maio de 2013.

Disponível em <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2_-_BEN_-_Ano_Base/12_-_Sxntese_do_Relatxrio_Final_BEN.pdf>. Acesso em 29 out 2014.

_____. **Plano nacional de energia**. Set/2007. Disponível em <http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Nacional%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PNE/Estudos_12.aspx?CategoriaID=346>. Acesso em 01 de setembro de 2014.

GILLS, Justin. **Sol e vento alteram a equação energética**. (23 set 2014). Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/newyorktimes/186948-sol-e-vento-alteram-a-equacao-energetica.shtml>>. Acesso em 05 dez 2014.

GOY, Leonardo; ROCHAS, Anna F. Fim de potencial hidrelétrico desafia o Brasil para a expansão energética. **Enfoque**. Disponível em <<http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN0EY2AC20140623>>. Acesso em 18 de agosto de 2014.

GRACIANO, Débora França Roriz. **Qualidade do fornecimento de energia Elétrica**. Pós-graduação em Gestão Técnica de Concessionárias de Energia Elétrica. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Setor de Tecnologia - UFPR. Curitiba. 2001.

KEELING, Ralph. **Gestão de projetos**: uma abordagem global. São Paulo: Saraiva, 2008.

MAIA, Reinaldo Moreira. **Caracterização das variações de tensão de curta duração e seus impactos em uma planta da indústria alimentícia**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – PPGE. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 2011.

MATOS, Giordano Bruno Braz de Pinho; LOPES, Ana Lúcia Miranda; COSTA, Marcelo Azevedo. **Avaliação do Modelo de Benchmarking Proposto pela Agência Nacional de Energia Elétrica para o Terceiro Ciclo de Revisões Tarifárias das Distribuidoras no Brasil**. EnANPAD XXXVI Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro – 22-26 de setembro de 2012.

MEHL, Ewaldo Luiz de Mattos. **Qualidade da energia elétrica**. Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Paraná - UFPR. 2003. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf>>. Acesso em: 11 set 2014.

_____. **Qualidade da energia elétrica.** Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. 2003. Disponível em <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf>>. Acesso em 6 out 2014.

MELO, Miguel Otávio Barreto Campelo de. **Avaliação do impacto da qualidade de energia elétrica na produção industrial:** proposta de metodologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - UFPB. Revista Produto e Produção. Volume 9, Número 3. Página 15-25. 2008. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ProdutoProducao>>. Acesso em: 07/04/2014.

PEREIRA, Ana Karine. **Características do sistema elétrico brasileiro:** o grande enfoque na eletricidade, nas hidrelétricas e na Amazônia. 2011. Disponível em <<http://intercambioclimatico.com/pt-br/2011/06/30/caracteristicas-do-sistema-eletrico-brasileiro-o-grande-enfoque-na-eletricidade-nas-hidreletricas-e-na-amazonia/>>. Acesso em 10 out 2014.

País recua na geração de energia limpa. Estudo mostra que Brasil tem mudado suas prioridades em relação à matriz energética, deixando de apostar em fontes renováveis. **Gazeta do Povo**, página economia. Disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?tl=1&id=1502230&tit=País-recua-na-geracao-de-energia-limpa->>. Acesso em 23 out 2014.

SILVEIRA, L. B. R. S. **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Edusp, 2000.

SIEMENS. Energia Eólica – Um futuro inesgotável. (nov 2014). Disponível em <<http://respostassustentaveis.com.br/2015/01/>>. Acesso em 23 jan 2014.

SINISGALLI, Paulo A. A. **Valoração dos danos ambientais de hidroelétricas:** estudos de caso. 2005. Tese de Doutorado. Campinas: Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas [s.a.], 2005.

TOLMASQUIM, Maurício T. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro.** Rio de Janeiro: Synergia; EPE: Brasília, 2011.

_____.; GUERREIRO, Amílcar; GORINI, Ricardo. **Matriz energética brasileira:** uma prospectiva. EPE, 2010.

Tendências Consultoria Integrada. **Setor elétrico brasileiro**: cenários de crescimento e requisitos para a retomada de investimentos. 2003. Disponível em: <http://www.maternatura.org.br/hidreletricas/biblioteca_docs/EstudoCenarios-CBIEETendencias.pdf>. Acesso em 23 out 2014.

Sites consultados e pesquisados

Disponível em

<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/pne_2030/PlanoNacionalDeEnergia2030.pdf
http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2_-_BEN_-_Ano_Base/12_-_Sxntese_do_Relatxrio_Final_BEN.pdf>. Acesso em 23 out 2014.

Disponível em <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em 23 out 2014.

Disponível em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em 23 out 2014.

Disponível em <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/glossario-do-setor-eletrico>>. Acesso em 23 out 2014.

Disponível em <http://www.mme.gov.br/spe/menu/matriz_energetica.html>. Acesso em 23 out 2014.

Disponível em <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>>. Acesso em 23 out 2014.

Disponível em <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-14%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>. Acesso em 18 out 2014.

Disponível em <www.visoesdosetoreletrico.com.br>. Acesso em 23 out 2014.